



Diseño de una metodología de análisis multicriterio para la certificación de profesionales de ingeniería en Colombia

Oscar Alejandro Vásquez Bernal

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Escuela Doctoral de Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia
2018

Diseño de una metodología de análisis multicriterio para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia

Oscar Alejandro Vásquez Bernal

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Doctor en Ingeniería – Industria y Organizaciones

Director:

PhD. Félix Antonio Cortés Aldana

Línea de Investigación:

Métodos y modelos de optimización y estadística en ingeniería industrial y administrativa

(Investigación de Operaciones – Toma de Decisiones)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Escuela Doctoral de Ingeniería

Bogotá D.C., Colombia

2018

*Para que pueda surgir lo posible es preciso
intentar una y otra vez lo imposible¹*

Hermann Hesse

¹ Extractado de <https://www.proverbia.net/autor/frases-de-hermann-hesse/2> recuperado el 07 septiembre de 2018

Agradecimientos

Agradecimientos especiales al Profesor Carlos Cortés Amador (Q.E.P.D.) quien después de arduas disertaciones creyó en mis capacidades en encontrar la veta de conocimiento.

El Profesor Félix Antonio Cortés Aldana, quien creyó en mi proyecto y me apoyó de manera incondicional para el desarrollo de la tesis y el desarrollo de varias ponencias y artículos relacionados con la tesis.

El Profesor Joaquín Romero Herrera por sus orientaciones en los temas de cambio organizacional y poder en las organizaciones quien ayudó a enfocar el problema teniendo en cuenta estas influencias.

El profesor Carlos Moreno Mantilla, por sus directrices dadas en el curso seminario I que ayudaron a pulir la propuesta doctoral.

Agradecimientos a los Expertos por el desarrollo del panel y por su disponibilidad en la participación en la aplicación de instrumentos de valoración de información.

A Rosalba Frías-Navarro y Rodolfo García-Sierra, compañeros de la cohorte doctoral y amigos con los cuales me sentí fortalecido en este proceso arduo de investigación.

Resumen

El profesional de ingeniería colombiano presenta desafíos relacionados con el desarrollo de su profesión en los nuevos mercados emergentes; el impacto de la globalización ha afianzado la importancia de la movilidad internacional para desarrollar su labor profesional en otras latitudes. Asegurar que un profesional de ingeniería desarrolle su actividad de manera idónea, depende de sus aptitudes y competencias. La certificación de los profesionales de ingeniería es una de las formas de controlar estas características.

Esta tesis presenta una propuesta metodológica de análisis multicriterio, para la determinación de los criterios y alternativas, en certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia. La metodología está enfocada en la revisión, análisis y priorización de criterios, tomando como base el enfoque basado en metas y la aplicación del método PROACT (Problem, Objectives, Alternatives, Consequences, Trade-offs) para la organización de los criterios y alternativas, seguidamente se realiza la priorización de los criterios por medio del análisis de decisión multicriterio y la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés).

El desarrollo de la presente tesis ha sido fruto de los productos realizados sobre la revisión del estado de conocimiento, el análisis de los criterios, subcriterios y alternativas; se propone una metodología combinada del enfoque basado en metas y el análisis de decisiones multicriterio para establecer el modelo más apropiado de certificación profesional de ingeniería en Colombia. La metodología presentada es aplicable para la toma de decisiones que involucre los juicios de valor en grupo y depende de la percepción y el consenso de los expertos para otorgar la importancia en los criterios y la prioridad en las alternativas.

Los resultados presentados muestran la necesidad de estructurar los criterios de la profesión de ingeniería, para asegurar la competencia y movilidad profesional del ingeniero colombiano, para fortalecer los procesos de certificación realizados por los consejos

profesionales de ingeniería. Una de las contribuciones más importantes que aportan valor en esta tesis doctoral, es la metodología combinada establecida y desarrollada, la cual tiene características novedosas, presenta rigurosidad en las fases y pasos que organiza sistemáticamente los elementos a considerar para la toma de decisiones en grupo, el consenso de los juicios de valor de los expertos.

Palabras clave: Movilidad profesional, profesión, cambio profesional, estatus profesional, profesionalismo, análisis de decisión multicriterio, PAJ, enfoque basado en metas.

Abstract

The Colombian engineering professional presents challenges related to the development of his profession in the new emerging markets; The impact of globalization has strengthened the importance of international mobility to develop their professional work in other latitudes. Ensuring that an engineering professional develops his activity in an appropriate manner depends on his skills and competences. The certification of engineering professionals is one of the ways to control these characteristics.

This thesis presents a methodological proposal of multicriteria analysis, for the determination of the criteria and alternatives, in certification of the engineering professionals in Colombia. The methodology is focused on the review, analysis and prioritization of criteria, based on the goal-based approach and the application of the PROACT method (Problem, Objectives, Alternatives, Consequences, Trade-offs) for the organization of criteria and alternatives, Next, the prioritization of the criteria is carried out through multicriteria decision analysis and the application of the Analytical Hierarchy Process.

The development of this thesis has been the result of the products made on the revision of the state of knowledge, the analysis of the criteria, sub-criteria and alternatives; A combined methodology of the goal-based approach and multicriteria decision analysis is proposed to establish the most appropriate model of professional engineering certification in Colombia. The methodology presented is applicable for decision-making involving value judgments in groups and depends on the perception and consensus of the experts in order to grant importance in the criteria and priority in the alternatives.

The results presented show the need to structure the criteria of the engineering profession, to ensure the competence and professional mobility of the Colombian engineer, to strengthen the certification processes carried out by the professional engineering councils. One of the most important contributions that contribute value in this doctoral thesis, is the

combined methodology established and developed, which has novel characteristics, presents rigor in the phases and steps that systematically organizes the elements to be considered for group decision making, the consensus of the value judgments of the experts.

Keywords: Occupational mobility, occupational status, profession, occupational change, professionalism, multicriteria decision analysis, AHP, goal-based on choice

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XV
Lista de tablas	XIX
Introducción	1
1. Modelos de certificación profesional en Colombia.....	11
1.1 Antecedentes de la investigación.....	11
1.1.1 Revisión de la normatividad y reglamentación acerca de los modelos de certificación. Caso de Estudio en Colombia, Canadá, Estados Unidos, Guatemala, Honduras y El Salvador	11
1.1.2 Revisión desde el profesionalismo y el institucionalismo de la movilidad internacional de los profesionales de ingeniería	14
1.1.3 Revisión de los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional. Características y aplicaciones	21
2. Criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería.....	25
2.1 Referentes teóricos relacionados con la globalización de la profesión de ingeniería, la movilidad internacional y licenciamiento de los profesionales de ingeniería	26
2.2 Consorcios y acuerdos de acreditación y calidad académica.....	27
2.2.1 Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington)	27
2.2.2 Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington)	35
2.2.3 Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia.....	39
2.2.4 Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales	45
2.3 El concepto de análisis de decisiones multicriterio: Criterios, atributos y alternativas	49
2.3.1 Criterios, atributos y alternativas: Conceptos y particularidades.....	49
2.3.2 Análisis de decisiones multicriterio	52
2.3.3 Análisis de decisiones multicriterio: Toma de decisiones en grupo	54
2.3.4 Análisis de decisiones multicriterio como herramienta para estructurar el enfoque de la certificación y movilidad profesional	55
3. Propuesta metodológica	63
3.1 Enfoque basado en metas (Goal Based on Choice)	64

3.2	El análisis de decisión multicriterio: Una descripción de las ventajas y aplicaciones	68
3.2.1	Análisis de decisión multicriterio y sus aplicaciones en aspectos educativos, competencias y habilidades profesionales	75
3.3	Construcción de la metodología de análisis de decisiones para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería	77
4.	Aplicación de la propuesta metodológica.....	83
4.1	Fases metodológicas de la toma de decisiones para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería	84
5.	Discusión de los resultados.....	165
5.1	Discusión de los resultados del estudio preliminar de los criterios de certificación profesional de ingeniería en Colombia	165
5.2	Discusión de los resultados del estudio realizado por el panel de expertos.	168
5.3	Comparación de resultados del estudio preliminar y el estudio del panel de expertos	170
5.4	Análisis de sensibilidad	175
6.	Conclusiones y proyección de futuras investigaciones	181
6.1	Conclusiones finales.....	181
6.2	Principales aportes	189
6.3	Productos derivados de esta investigación.....	190
6.4	Futuras investigaciones.....	193
A.	Anexo: Documento propuesta de tesis doctoral.....	195
	Bibliografía	219

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Matriz de decisión	51
Figura 2-2: Relación entre las alternativas, criterios, objetivos y el decisor como actor fundamental en la toma de decisiones	53
Figura 2-3: Relación de los referentes teóricos y las alternativas para la construcción de criterios	59
Figura 2-4: Relación entre meta, objetivos, criterios y alternativas, con base en los referentes teóricos y alternativas, para la estructuración del análisis de decisión multicriterio	61
Figura 3-1: Fases metodológicas para la toma de decisiones en priorización de los modelos de certificación	79
Figura 4-1: Diagrama de jerarquias AHP criterios, subcriterios y alternativas	87
Figura 4-2: Relación de países donde se han encontrado colombianos de alta formación	95
Figura 4-3: Número de extranjeros en Colombia, año 2010	96
Figura 4-4: Número de extranjeros con permiso en migración laboral	97
Figura 4-5: Estructura jerárquica de meta-objetivos, criterios y alternativas	100
Figura 4-6: Diagrama jerárquico del modelo más apropiado para la certificación de profesionales de ingeniería en Colombia (Objetivo, criterios, subcriterios y alternativas)	119
Figura 4-7: Estructura jerárquica de meta, criterios y alternativas	125
Figura 4-8: Comparación pareada de los criterios con respecto a la meta. Consenso Expertos consistentes	134
Figura 4-9: Comparación pareada de los subcriterios con respecto al criterio C1 Competencia profesional. Consenso Expertos consistentes	135
Figura 4-10: Comparación pareada de los subcriterios con respecto al criterio C2 Habilidad profesional. Consenso Expertos consistentes	136
Figura 4-11: Comparación pareada de los subcriterios con respecto al criterio C3 Impacto de la certificación. Consenso Expertos consistentes	137
Figura 4-12: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería. Consenso Expertos consistentes	138
Figura 4-13: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC12. Análisis de problemas. Consenso Expertos consistentes	139
Figura 4-14: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC13. Investigación. Consenso Expertos consistentes	139

Figura 4-15:	Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC21. Diseño de ingeniería. Consenso Expertos consistentes	140
Figura 4-16:	Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC22. Práctica en ingeniería. Consenso Expertos consistentes	141
Figura 4-17:	Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC23. Habilidades transferibles. Consenso Expertos consistentes	141
Figura 4-18:	Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación. Consenso Expertos consistentes	142
Figura 4-19:	Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC32. Cantidad de colombianos de alta calificación por país. Consenso Expertos consistentes	143
Figura 4-20:	Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia. Consenso Expertos consistentes	144
Figura 4-21:	Resultados de las prioridades relativas de los criterios	146
Figura 4-22:	Resultados de las prioridades relativas de los subcriterios con respecto al criterio C1. Competencia profesional	146
Figura 4-23:	Resultados de las prioridades relativas de los subcriterios con respecto al criterio C2. Habilidad profesional	148
Figura 4-24:	Resultados de las prioridades relativas de los subcriterios con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación	149
Figura 4-25:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería	150
Figura 4-26:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC12. Análisis de problemas	151
Figura 4-27:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC13. Investigación	152
Figura 4-28:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC21. Diseño de ingeniería	153
Figura 4-29:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC22. Práctica en ingeniería	154
Figura 4-30:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC23. Habilidades transferibles	155
Figura 4-31:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación	156
Figura 4-32:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC32. Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país	157
Figura 4-33:	Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia	158
Figura 4-34:	Resultados de la prioridad global de los modelos de certificación	160
Figura 5-1:	Estructura jerárquica de criterios y alternativas (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)	166

Figura 5-2:	Estructura jerárquica de criterios y alternativas -pesos y rankings	168
Figura 5-3:	Comparación prioridades criterios (Estudio preliminar vs Expertos)	170
Figura 5-4:	Comparación prioridades subcriterios (Estudio preliminar vs Expertos)	171
Figura 5-5:	Prioridades modelos de certificación (Estudio preliminar)	172
Figura 5-6:	Prioridades modelos de certificación (Estudio Expertos)	173
Figura 5-7:	Resultados presentados de la prioridad global de los modelos de certificación	175
Figura 5-8:	Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A1. Washington Accord	176
Figura 5-9:	Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A2. Bologna Process	176
Figura 5-10:	Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A3. NCEES	177
Figura 5-11:	Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A4. FEANI	177
Figura 5-12:	Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A5. CPI-COPNIA	178

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Perfiles de conocimiento de ingeniería	29
Tabla 2-2: Perfiles característicos del graduado en ingeniería	30
Tabla 2-3: Perfiles de competencias del profesional en ingeniería	33
Tabla 2-4: Descriptores de Dublín	37
Tabla 2-5: Diagrama que relaciona los niveles educativos de European Qualification Framework (EQF)	38
Tabla 2-6: Deberes y obligaciones del profesional de ingeniería en Colombia según el Código de Ética Profesional (Ley 842 de 2003)	39
Tabla 2-7: Criterios como resultado del análisis de los Contextos Profesional-Sociológico e Institucional-Normativo	55
Tabla 2-8: Criterios como resultado del análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional y globalización en la ingeniería	56
Tabla 3-1: Revisión de artículos relacionados con educación según revisión sistemática de Vaidya & Kumar, (2006)	73
Tabla 3-2: Revisión de artículos relacionados con educación superior según revisión sistemática de Ho, (2008)	74
Tabla 3-3: Revisión de artículos relacionados con universidades según revisión sistemática de Subramanian & Ramanathan, (2012)	74
Tabla 4-1: Relación entre criterios, subcriterios y alternativas	88
Tabla 4-2: Países y entidades con representación completa en el Acuerdo de Washington	91
Tabla 4-3: Países y entidades con representación parcial en el Acuerdo de Washington	92
Tabla 4-4: Países y entidades con representación ante el Consorcio Bologna Process /European Higher Education Area – EHEA	93
Tabla 4-5: Descripción del criterio competencia profesional, subcriterio de conocimiento de ingeniería y componentes	101
Tabla 4-6: Descripción del criterio competencia profesional, subcriterio de Análisis de problemas (complejidad de análisis) y componentes	103
Tabla 4-7: Descripción del criterio competencia profesional, subcriterio de investigación y componentes	105
Tabla 4-8: Descripción del criterio de habilidades profesionales, subcriterios de diseño de ingeniería y componentes	107

Tabla 4-9:	Descripción del criterio de habilidades profesionales, subcriterios de práctica en ingeniería y componentes	109
Tabla 4-10:	Descripción del criterio de habilidades profesionales, subcriterios de habilidades transferibles y componentes	111
Tabla 4-11:	Descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de validez de la certificación en los países de cobertura y componentes	114
Tabla 4-12:	Descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de Número de profesionales colombianos con altos estudios por país en el exterior y componentes	116
Tabla 4-13:	Descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia y componentes	117
Tabla 4-14:	Evaluación de los índices de pesos de los criterios para los profesionales de ingeniería	118
Tabla 4-15:	Matriz de decisión	120
Tabla 4-16:	Análisis de dominancia por frecuencias	122
Tabla 4-17:	Análisis de dominancia por Porcentaje	122
Tabla 4-18:	Matriz de consensuada de criterios de expertos consistentes	133
Tabla 4-19:	Matriz de consensuada de subcriterios con respecto al criterio C1. Competencia profesional	134
Tabla 4-20:	Matriz de consensuada de subcriterios con respecto al criterio C2. Habilidad profesional	135
Tabla 4-21:	Matriz de consensuada de subcriterios con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación	136
Tabla 4-22:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería	138
Tabla 4-23:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC12. Análisis de problemas	138
Tabla 4-24:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC13. Investigación	139
Tabla 4-25:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC21. Diseño de ingeniería	140
Tabla 4-26:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC22. Práctica en ingeniería	140
Tabla 4-27:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC23. Habilidades transferibles	141
Tabla 4-28:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación	142
Tabla 4-29:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC32. Cantidad de colombianos de alta calificación por país	143
Tabla 4-30:	Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia	144
Tabla 4-31:	Matriz de prioridad global de los modelos de certificación	161
Tabla 6-1:	Productos de nuevo conocimiento como resultado de investigación	190

Tabla 6-2:	Productos de Apropiación Social de Conocimiento como resultado de investigación	191
-------------------	---	-----

Introducción

En la actualidad el profesional de ingeniería colombiano presenta el desafío en la movilidad profesional a otros países, la cual se ve afectada por el cumplimiento de los requisitos de convalidación de títulos en el exterior; análogamente, los criterios utilizados para la certificación del profesional presentan diferencias entre los organismos de certificación. La adaptación a las condiciones establecidas en cada país para la movilidad profesional es fundamental en un entorno profesional globalizado. El desarrollo del mercado laboral, en lo que confiere con el estado del empleo, así como los cambios organizacionales, requieren de una intensa movilidad de los empleados (Siskos, Grigoroudis, Krassadaki, & Matsatsinis, 2007), por ende, analizar los criterios y alternativas de certificación profesional de ingeniería internacionales y proponer el modelo más apropiado que apoye el proceso de certificación profesional en Colombia es fundamental para mejorar la movilidad internacional. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)

Definición del problema

Asegurar que el profesional de ingeniería colombiano y extranjero cumpla con los requisitos legales y reglamentarios para practicar las actividades de ingeniería en el territorio, requiere de realizar el análisis de dos temas fundamentales: La aptitud del profesional de ingeniería y los criterios de evaluación y validación de los títulos que garanticen la aptitud y competencia. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2014).

Para soportar los conceptos de criterios de evaluación y validación, se apoya en Tobón (2006), el cual plantea los componentes estructurales de una competencia, donde los criterios de desempeño “son los resultados que una persona debe demostrar en situaciones reales de trabajo, del ejercicio profesional o de la vida social, teniendo como base unos determinados requisitos de calidad con el fin de que el desempeño sea idóneo” (Tobón, 2006, pág. 51); mientras que las aptitudes “se refieren a potencialidades innatas que los seres humanos poseen y que necesitan ser desarrolladas mediante la educación” (Murillo, 2003) citado por (Tobón, 2006).

En la actualidad los diferentes tratados de libre comercio motivan la movilidad profesional en los distintos países que presentan el tratado internacional. Los diferentes procesos institucionales que desarrollan los Consejos Profesionales de Ingeniería establecen una barrera necesaria para asegurar, validar y certificar que los profesionales de ingeniería cumplen con la normatividad. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2014)

La situación actual del profesional de ingeniería colombiano está enmarcada en que la movilidad internacional de los profesionales de ingeniería se ve afectada por el cumplimiento de los requisitos de convalidación de títulos en el exterior que los organismos de certificación solicitan, los criterios de cada organismo de certificación son diferentes en cada uno de los países y la certificación del profesional en el desarrollo de su profesión. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

La situación deseada, estará enmarcada en que para la adaptación a las condiciones establecidas por cada país sobre la movilidad profesional, es necesario identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería, tomando como base el análisis de los modelos de certificación de otros países y proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2014).

Preguntas de investigación

Del análisis de la situación actual y la situación deseada, surgen las siguientes preguntas de investigación que determinan el problema de investigación:

De los modelos de certificación profesional de ingeniería existentes, ¿Cuál es el más apropiado para Colombia?

¿Cómo establecer un enfoque integrado de criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería con base en los modelos de certificación existentes?

¿Cuáles son los criterios que se tienen en cuenta para certificar a los profesionales de ingeniería?

¿Qué mecanismos cuentan las asociaciones y consejos profesionales para certificar a los profesionales de ingeniería?

Con el fin de responder las preguntas de investigación, se plantean los siguientes objetivos, los cuales están incluidos en la propuesta de tesis doctoral (Ver [Anexo A](#)), contruidos tomando como base los insumos y realimentación del documento (paper) presentado en el Encuentro Nacional de Investigación y Desarrollo ENID 2012 (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2012). (Ver [Anexo B](#))

Objetivos

Objetivo general

Proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia

Objetivos específicos

- Analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional.
- Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.
- Priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

Contribuciones de esta tesis doctoral

Esta disertación genera una contribución al conocimiento orientada a la revisión, análisis, priorización de criterios para la certificación de profesionales de ingeniería, por medio de la metodología de análisis multicriterio. Para la valoración de los atributos hacia los conocimientos y habilidades adquiridos a través del desarrollo profesional, entidades europeas y organizaciones internacionales han realizado múltiples iniciativas. (Siskos, Grigoroudis, Krassadaki, & Matsatsinis, 2007). Los resultados y hallazgos encontrados potencializan el proceso de certificación profesional que realizan los consejos profesionales de ingeniería y otorga los criterios de análisis para la realimentación de las competencias del profesional ingeniería, fundamentales para la mejora continua de los programas de ingeniería, sus currículos y el enfoque del profesional egresado.

Los aportes generados en cumplimiento con el objetivo “Analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional”, se estableció el conjunto de circunstancias sustentadas en las teorías del institucionalismo de cambio organizacional, profesionalismo y profesionalización que definieron las características del profesional de ingeniería a través del entorno laboral y su movilidad internacional. Por otra parte, se establecieron los contextos profesional - sociológico e institucional –normativo, junto con el análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia, que dieron como resultado un mejor entendimiento de las influencias que afectan al profesional y su profesión. El resultado de estos análisis y revisión de estado de conocimiento fue publicado en el artículo de (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, Movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: una revisión desde el profesionalismo y el institucionalismo, 2015), incluido en el [Anexo C](#).

Con respecto al objetivo de “Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes” los aportes generados fueron la metodología utilizada bajo el enfoque basado en metas y la aplicación del método PROACT para estructurar, organizar y establecer los criterios y alternativas de un conjunto de elección. Posteriormente, se identificó la estructura jerárquica de los criterios y alternativas que a partir de la cual se pudo analizar la selección del modelo de acreditación más apropiado para un país en vías de desarrollo. Los

resultados de estos análisis fueron publicados en el artículo de Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia, (2015) (Ver [enlace Revista](#) y el [Anexo D](#)).

Para el objetivo planteado “Priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.” Los aportes fueron la organización y estructuración de criterios, subcriterios y alternativas para la asignación de pesos según su influencia y dependencia, así como la evaluación de pesos de los criterios, con base en la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico PAJ (AHP, Analytic Hierarchy Process sus siglas en inglés). Los resultados de estos análisis fueron publicados en el artículo de Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia, (2015). (Ver [enlace Revista](#) y el [Anexo D](#)).

La construcción de una metodología combinada (Vásquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018), a través de la realimentación presentada en el desarrollo de los diferentes artículos y ponencias internacionales (Vásquez-Bernal, Cortes-Aldana 2015), (Vásquez Bernal, 2012), (Bernal & Aldana, 2012) tomando como base la metodología del análisis basado en metas (Goal Based on Choice) y la metodología de análisis de decisiones multicriterio. ([Ver artículo](#))

El análisis de las diferentes aspectos que influyen en la práctica profesional y su incidencia en la movilidad internacional, la construcción de nuevo conocimiento a través del desarrollo de contextos, como resultado de la confluencia de las teorías del institucionalismo Greenwood, Suddaby, & Hinings, 2002), el profesionalismo (Evetts, 2012), (Evans, 2008), (Freidson, 2001), (Freidson, 1994) y la triada de la credencialización (Jang & Yu, 2008), así como la operacionalización de estos conceptos a través del desarrollo de una metodología de análisis, para establecer los criterios y alternativas y la aplicación de técnicas de toma de decisiones multicriterio, determinar la estructura jerárquica con el fin de seleccionar el modelo de certificación más apropiado para un país en vías de desarrollo, fueron los aportes significativos para el cumplimiento del objetivo general. El resultado preliminar de estos análisis fue publicado en el artículo de (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia, 2015). Ver [enlace Revista](#) y el [Anexo D](#)).

Resumen del contenido

El presente manuscrito está construido en seis capítulos. El primer capítulo está enfocado al análisis y comparación de los modelos de certificación profesional de ingeniería; donde se inicia con la explicación de los procesos de certificación y acreditación, desde el punto de vista del análisis de la normatividad y reglamentación legal en Colombia, Estados Unidos, Canadá, Guatemala, Honduras y El Salvador basados en la investigación de Vásquez O.A. (2011). Seguidamente se realiza la explicación de los contextos profesional-sociológico en el cual se enmarca el profesional, su profesión y el institucional-normativo donde las instituciones interactúan y regulan, tomando como base las investigaciones de autores germinales de las teorías del cambio organizacional de Greenwood, Suddaby & Hinings (2002); Smets, Morris & Greenwood (2012) y el profesionalismo por Evetts (2012) respectivamente. Posteriormente el análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia/registro tomando elementos de los autores Jang & Yu (2008); las investigaciones realizadas por Patil & Pudlowsky (2005) enfocadas en el aseguramiento de la calidad en el desarrollo de un marco para la acreditación de programas de ingeniería; el análisis de las teorías del institucionalismo, el profesionalismo y su relación con la movilidad internacional de los profesionales de ingeniería de Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana (2015). En este capítulo se pretende responder con el objetivo planteado de analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional.

El segundo capítulo está encaminado a la identificación y definición de los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería, para lo cual se tomaron artículos científicos germinales de los autores Kasuba, R; Vohra, D & Vohra, P(2006) donde enfocan sus investigaciones sobre los temas fundamentales para el profesional de ingeniería globalizado; Kasuba, R & Vohra, P(2004) profundizan sobre las entidades certificadoras y acreditadoras de los profesionales de ingeniería, enfocados a la movilidad internacional; Kasuba, R. & Ziliukas, P. (2004) se enfocan en la revisión detallada de los consorcios de acreditación de la educación profesional de ingeniería (Washington Accord y Bologna Process). Con base en ese soporte teórico y científico, se dispuso a profundizar sobre los consorcios de acreditación, los consejos profesionales de ingeniería y las entidades de certificación profesional de ingeniería, generando un estudio preliminar sobre los criterios

de certificación profesional de ingeniería, artículo publicado por los autores Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana (2015). En este capítulo se pretende responder al objetivo planteado de identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.

El tercer capítulo describe la construcción de la metodología, a partir de los artículos germinales y el análisis preliminar de los criterios y alternativas. En este capítulo se retoman artículos que correlacionan los criterios de certificación profesional y el análisis multicriterio, así como artículos aplicados al análisis de toma de decisiones bajo la metodología de análisis multicriterio, con base en Belton, V. & Stewart, T. (2002) y Barba-Romero, S. & Pomerol, J-C. (1997). Se incluyó dentro de la estructuración de la metodología, el marco teórico del enfoque basado en metas y la aplicación del método PROACT (Problem, Objectives, Alternatives, Consequences, Trade-offs) de Carlson, Janiszewski, Keeney, Krantz, Kunreuther, Luce, Russo, Osselaer y Winterfeldt (2007)

Como resultado, se presentaron los elementos preliminares de los criterios de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, publicado por los autores Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana (2015). (Ver [Anexo D](#)). En este capítulo se pretende responder con el objetivo planteado de priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

El cuarto capítulo, está enfocado a la aplicación de la propuesta metodológica mediante la descripción sistemática de las fases para la toma de decisiones en la priorización de los modelos de certificación de los profesionales de ingeniería. Se toma el estudio preliminar sobre los criterios de certificación de Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana (2015) y se determina la importancia y preferencia de los pesos y los rankings de puntos de vista en conflicto y múltiples agentes interesados.

El quinto capítulo está direccionado en la discusión de los resultados de la aplicación de la metodología y se determinará el modelo de certificación profesional más adecuado para Colombia. En los capítulos cuarto y quinto, se pretende responder al objetivo general de proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

El sexto capítulo está enfocado para la presentación de las conclusiones finales y la proyección de futuras investigaciones que emanan de los resultados del proyecto. La exposición de nuevas tendencias y nuevas corrientes generadas por la movilidad internacional son características de una nueva prospectiva profesional.

1. Modelos de certificación profesional en Colombia

Este capítulo tiene como finalidad describir los modelos de certificación, el análisis de la profesión y el profesional de ingeniería desde el punto de vista sociológico, normativo e institucional; el análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia.

Se inicia con la descripción de la revisión de la normatividad sobre los modelos de certificación y normatividad en Colombia, Canadá, Estados Unidos, Guatemala, Honduras y El Salvador; posteriormente, con el análisis de los contextos profesional-sociológico e institucional-normativo y el análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia.

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Revisión de la normatividad y reglamentación acerca de los modelos de certificación. Caso de Estudio en Colombia, Canadá, Estados Unidos, Guatemala, Honduras y El Salvador

Teniendo en cuenta que se profundizará en el análisis y la revisión de la normatividad y reglamentación sobre los modelos de certificación, es pertinente definir las palabras modelo y certificación utilizados en este contexto.

Según la Real Academia de la Lengua (RAE), un modelo es un “arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo”, un “Esquema teórico de un sistema o una realidad compleja” (Real Academia Española, 2017). Por otra parte, Pinar (2010, pág. 6) lo define como la descripción simplificada e idealizada o la concepción de un sistema particular, situación o proceso, a menudo en términos matemáticos, que se presenta como una base para la comprensión teórica o empírica, o para los cálculos, predicciones, etc.; así como una representación conceptual o mental de algo.

La Real Academia Española (2017), define certificación, del verbo certificar que significa asegurar, afirmar, dar por cierto algo. Otra definición enfocada hacia una autoridad competente: Hacer constar por escrito una realidad de hecho. Análogamente, se define como fijar, señalar con certeza.

Tomando como base los conceptos anteriores, se considera un modelo de certificación como la representación conceptual y punto de referencia que describe las actividades y procesos que aseguran y dan certeza a una situación particular, que están normalizadas y reglamentadas para el control y evaluación.

El estudio de las diferentes reglamentaciones legales y normativas relacionadas con la certificación profesional de ingeniería por medio de un estudio descriptivo de revisión de información secundaria en Colombia, Canadá, Estados Unidos, Guatemala, Honduras y El Salvador (Vásquez-Bernal, 2010). A partir de ese estudio, se pudo determinar un marco de referencia de las características normativas en cada país objeto de estudio. A continuación, se presenta un resumen de los hallazgos presentados la revisión documental de la normatividad y reglamentación de los procesos de certificación y acreditación en los países del estudio.

En Colombia, el Ministerio de Educación establece la reglamentación para el cumplimiento de las condiciones mínimas de los programas profesionales, las universidades dentro de su autonomía universitaria y en cumplimiento de la reglamentación dada por el Ministerio de Educación, otorga a los estudiantes los conocimientos y las competencias y confiere el título profesional en cumplimiento de la reglamentación interna de la universidad; posteriormente, los Consejos Profesionales validan el cumplimiento de los requisitos para optar el título profesional y ratifica con la institución universitaria el cumplimiento de los requisitos para la entrega de la tarjeta profesional, que le autoriza el desarrollo de la profesión en el territorio colombiano. Los Consejos Profesionales efectúan los procesos de inspección y vigilancia de los profesionales, como órgano de apoyo gubernamental (Vásquez-Bernal, 2011).

En los países del triángulo del norte (Guatemala, Honduras, El Salvador) existe la Agencia Centroamericana de Acreditación de los Programas de Arquitectura e Ingeniería (ACAAI), un organismo independiente, apoyado por los ministerios de educación de los diferentes

países y apoyado por los diferentes gobiernos y que facilitan procesos de movilidad profesional entre estos países. Esta agencia realiza la revisión, análisis y confiere un espacio para que se desarrollen actividades de mejora en los programas profesionales, efectúa procesos de vigilancia y control de los programas profesionales de arquitectura e ingeniería (Vásquez-Bernal, 2011).

En Canadá y en Estados Unidos, dada su organización geopolítica se presenta similitud en los modelos de certificación profesional entre provincias y estados federales, esta característica facilita la movilidad profesional entre los mismos y confiere la autonomía para el otorgamiento de la licencia profesional. Por otra parte, en Canadá la regulación está controlada por el Consejo Profesional de Ingeniería Canadiense (CCPE Canadian Council of Professional Engineers) y en Estados Unidos por el Consejo Nacional de Examinadores y Evaluadores de Ingenieros (NCEES National Council of Examiners for Engineers and Surveying) (Vásquez-Bernal, 2011)

En conclusión, se observa, que los modelos de certificación de los países del estudio presentan diferencias importantes en los procesos de certificación de programas profesionales. En Colombia, el proceso de certificación efectuado por los Consejos Profesionales es de tipo administrativo, en cumplimiento de la Ley 842 de 2003 del código de ética profesional (Congreso de Colombia, 2003), por medio de la verificación de títulos con la universidad de origen, los consejos profesionales otorgan la matrícula profesional y confiere la aptitud para desarrollar su profesión en el territorio nacional.

En Estados Unidos y Canadá incluyen el requisito de la certificación de competencias fundamentales de ingeniería (Fundamentals Engineering). Del mismo modo, para aquellas profesiones que pueden afectar la integridad del usuario, por ejemplo, en ingeniería civil, ingeniería mecánica, entre otras, se requiere de la certificación de las competencias fundamentales, la experiencia profesional certificada y el patrocinio de un profesional que haya logrado la certificación como profesional en ingeniería (Professional Engineering).

Los organismos de certificación independientes son los encargados de aplicar las pruebas y certificar las competencias profesionales; en Estados Unidos, el organismo de certificación independiente debe ser autorizado por el NCEES (National Council of Examiners for Engineers and Surveying), y para Europa, el organismo de certificación

independiente debe ser autorizado por el FEANI (European Federation of National Engineering Association)

En los países del triángulo del norte (Guatemala, Honduras, El Salvador) se observa la conformación de redes de profesionales y consejos de certificación los cuales están organizados a nivel regional y nacional. Del mismo modo, por medio de acuerdos multilaterales entre los países y con el auspicio del SACFIA (Sistema de Acreditación del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica), se conforma la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería ACCAI cuyas funciones están las de revisión de los programas profesionales para su acreditación y la unificación de criterios entre las profesiones de los países que conforman el triángulo del norte (Guatemala, Honduras, El Salvador). Bajo los lineamientos y normatividad de Consejo Canadiense de Acreditación de Programas (CEAB).

Estas diferencias encontradas, impactan en la movilidad profesional, lo cual despierta la necesidad de analizar a nivel sociológico e institucional la teorización del profesionalismo y el institucionalismo, para comprender el impacto de los procesos de movilidad profesional internacional.

1.1.2 Revisión desde el profesionalismo y el institucionalismo de la movilidad internacional de los profesionales de ingeniería

La importancia de la profesión de ingeniería en el desarrollo de la sociedad ha generado un impacto importante sobre la solución de problemas y la satisfacción de necesidades, con tecnología de punta, innovación de procesos, diseño de productos sostenibles. Sus beneficios se ven reflejados en el bienestar de las personas, la simplificación de operaciones y la comodidad en el uso de los productos y servicios. El fundamento de la ingeniería está en el uso de las matemáticas y las ciencias físicas para su aplicación en la solución de problemas. Asegurar que el uso de las ciencias para el beneficio de la sociedad implica garantizar la idoneidad del profesional que aplica sus conocimientos y competencias para desarrollar la labor de ingeniería (Vásquez-Bernal, 2012).

La revisión de los diferentes aspectos de movilidad profesional efectuada por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015)² desde el ámbito de las teorías el profesionalismo y el institucionalismo, se enfocaron en la construcción de escenarios para comprender la importancia de la certificación profesional, la movilidad internacional y el impacto sobre la identidad profesional.

La teoría del profesionalismo, entendida dentro de la sociología de las profesiones, como la discusión entre el valor de la ocupación y la interpretación ideológica, la cual genera un poderoso instrumento de cambio ocupacional y control social (Evetts, 2012). Entre tanto, la teoría el institucionalismo comprende el discurso del análisis y comportamiento de las instituciones (North, 1990) , organizaciones en el marco del desarrollo de sus reglas (Williamson, 2000), jerarquías (Wilson, 1989) y normas en el entorno de las regulaciones y gobernanza. (Williamson, 2002)

La globalización y el desarrollo de tratados de libre comercio han generado cambios importantes en el desarrollo profesional de los ingenieros a nivel mundial. Los cambios en este entorno profesional han requerido de estudios relacionados con el contexto profesional-sociológico donde se desenvuelve el profesional de ingeniería como individuo y su identidad como profesional que interactúa con la sociedad en brindar solución a los problemas de ingeniería y el contexto institucional-normativo de las asociaciones y consejos profesionales de ingeniería que apoya al ingeniero y los diferentes ámbitos de acreditación y certificación profesional. Estos dos contextos son primordiales para comprender la importancia de la certificación y el impacto en la sociedad donde el profesional ejerce sus actividades. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

▪ Contexto Profesional-Sociológico

Las investigaciones de los roles e identidades de las profesiones no fundamentan la identidad profesional de manera profunda pues no dan cuenta de la participación de las fuerzas institucionales que afectan esta identidad, lo que conlleva a un proceso de

² Reconocimientos al Profesor Félix Antonio Cortés Aldana por sus apreciaciones y apoyo en la coautoría del artículo titulado "Movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: una revisión desde el profesionalismo y el institucionalismo" ISSN 2145-0935 ISSN online: 2346-1446

adopción y adaptación de los nuevos lineamientos que el ambiente de institucionalismo se presenta en la agencia. Las fuerzas institucionales afectan en los micro niveles de la estructura organizacional de la agencia (Cheim, Williams, & Hinings, 2007).

Los autores realizan el análisis de esas fuerzas desde tres niveles: el institucional, el organizacional y el individual. Los hallazgos encontrados en su investigación dan cuenta que la agencia profesional está habilitada y limitada por las influencias institucionales las cuales enmarcan la reglamentación y normatividad que generan legitimidad.

La identidad profesional está enmarcada dentro de los valores personales, la ética profesional y los preceptos legales y reglamentarios que la profesión determina y las asociaciones profesionales promueven y vigilan.

En la metodología desarrollada por los autores, analizan el comportamiento profesional de los médicos en una clínica en Canadá regulados por las autoridades regionales de salud (RHA Regional Health Authorities). Teniendo en cuenta el crecimiento de la clínica, se establecieron nuevas unidades de atención ofreciendo nuevos servicios enfocados al cuidado de la salud, lo cual determinaron cambios sustanciales en cuanto al cumplimiento de la normatividad y en consecuencia, un aumento en las exigencias del ente regulador (Cheim, Williams, & Hinings, 2007).

El crecimiento de la clínica y la oferta de nuevos servicios médicos tuvo como consecuencia un impacto en el sistema contable de la clínica pasando del pago por servicio a la instauración de una estructura salarial para los médicos, el cambio tecnológico para el manejo de un sistema de información robusto, la contratación de nuevos médicos de las diferentes especialidades que ofrecían y contratar una enfermera que apoyara en el ofrecimiento de servicios, el impulso y promoción de las nuevas especialidades médicas (Cheim, Williams, & Hinings, 2007).

Este caso muestra que las fuerzas del entorno que afectan un mercado profesional específico requieren la implementación de cambios en la estructura de la agencia en el ámbito organizacional y cambios de comportamiento profesional en los médicos teniendo en cuenta la especialización de sus actividades. La dinámica de esos cambios y la atención prestada en esos procesos de cambio determinan la importancia de mantenerse en el mercado. El análisis realizado por (Cheim, Williams, & Hinings, 2007) del estudio de caso

de los profesionales médicos, dio como resultado la creación de un modelo explicativo de las interacciones multinivel, donde los cambios institucionales afectaron las actividades profesionales de los médicos. Mientras que los profesionales desarrollaban procesos micro que modificaban el rol profesional, la agencia u organización desarrollaba los procesos macro que legitimaban el rol profesional.

El análisis sobre la profesión, la profesionalización y el profesionalismo en tiempos de cambio y turbulencia (Evetts, 2012). Define que la profesión es la categoría distintiva y genérica del trabajo, relacionada con la ocupación y su importancia desde el contexto sociológico de las profesiones; la profesionalización como el proceso de búsqueda de una identidad y estatus de la profesión, para pertenecer a un grupo de colegas que promueven y mantienen intereses propios en términos de escala salarial, jerarquía y poder entendiéndose como una protección monopólica de la jurisdicción de la ocupación. El profesionalismo definido como la teoría del discurso entre el valor de la ocupación y la interpretación ideológica, determinado por la autora como un poderoso instrumento de cambio ocupacional y control social en los niveles micro, meso y macro de las diferentes ocupaciones, los contextos y condiciones en relaciones con los empleados y las organizaciones.

La revisión del concepto de profesionalismo enfocado a los profesionales de la educación (Evans, 2008), ha creado un concepto de neo-profesionalismo como el contexto de la práctica profesional que está en continuo cambio como efecto de las condiciones dinámicas del entorno y toma dicho concepto como un instrumento de cambio.

Los tres escenarios en el entorno del profesionalismo que idealiza (Freidson, 2001), donde un primer escenario está enfocado hacia el libre mercado de oferta y demanda, sin regulaciones de entes gubernamentales o grupos de interés, donde el precio condiciona la obtención de un servicio; un segundo escenario controlado por grandes organizaciones que imparten reglas específicas que controlan el mercado, las especificaciones y cualidades de las diferentes labores con el fin de estandarizar y especializar la labor profesional. Un tercer escenario, aquel en que los trabajadores tienen el conocimiento especializado y prestan servicios profesionales de importancia y precisión, lo cual genera el poder sobre su propia actividad y profesión. A partir de esos tres escenarios ideales, Freidson, (1994) establece el concepto de profesión como una ocupación que es

controlada y regulada por un juego de reglas impartidas por una serie de instituciones especializadas o grupos de interés y el profesionalismo como la ideología establecida y controlada por dichas instituciones.

En el campo de la ingeniería, el contexto profesional-sociológico presenta elementos que influyen en el poder de la profesión, controlada por los entes de control a través de la profesionalización y enmarcada en el entorno ideológico del profesionalismo. Estas influencias generan aspectos de adaptabilidad a los cambios y adopción de reglas y políticas dinámicas del entorno relacionado con las condiciones del mercado, las cuales se consideran criterios para que el profesional de ingeniería desarrolle su labor en un ambiente dinámico.

▪ **Contexto Institucional-Normativo**

El rol de las asociaciones profesionales y su aporte al cambio en el campo institucional (Greenwood, Suddaby, & Hinings, 2002), los autores sugieren que estas asociaciones dan la legitimidad para el cambio organizacional y aportan en la teorización de los problemas con el fin de dar soluciones específicas, apoyándose en innovaciones exógenas para adoptarlas, difundirlas e implementarlas en las organizaciones. Con el fin de analizar la problemática, los autores analizan un estudio de caso en la Asociación de Profesionales de Negocios en la provincia de Alberta, Canadá, durante un periodo de veinte años, desde el año 1977 al año 1997. Los resultados obtenidos están enfocados el cambio del rol del área de especialización de la contaduría como consecuencia de la ampliación de las unidades de negocio con el fin de establecer un espectro más amplio de servicios profesionales enmarcados en la gestión empresarial, gestión financiera, dentro de ámbito integrador de servicios. El marco del estudio está en la transformación organizacional de un área de profesional específico a un campo profesional, así como los cambios estructurales y jerárquicos que se pudieron presentar en esa integración de actividades.

Para entender el fenómeno fue necesario plantear un contexto teórico sobre el campo organizacional, para ello, los autores referencian la definición dada por Powell y DiMaggio (1999), entendiéndose como la agrupación de áreas similares de conocimiento y funcionales que desarrollan sus procesos y alrededor de estas áreas entregan productos y servicios, generando un organismo que interactúa internamente y se mantiene a las interacciones del entorno por su relación colaborativa de las áreas.

Posteriormente, los autores establecen los pasos para el cambio institucional; desde el movimiento precipitado dado por el entorno en el ámbito social, normativo, regulatorio, tecnológico. Inicialmente se genera una desinstitucionalización en el cual se presentan transformaciones estructurales donde se establecen nuevos jugadores en el negocio, ajustes de funciones y cargos, emprendimiento institucional; posteriormente sigue una pre institucionalización en el cual se realiza el afinamiento de la estructura, verifica su viabilidad técnica fundamental; la fase de teorización en la cual se plantea el problema y fundamentan su solución, acompañado con la difusión y divulgación de información que legitima el cambio organizacional. Por último, está la fase de reinstitucionalización donde consolida la legitimación de los procesos pues se convierte en tema cognitivo para los actores de la organización.

Las organizaciones profesionales le imprimen la seguridad, confianza y respaldo en la teorización del cambio pues genera el seguimiento y la normatividad que está acorde con las buenas prácticas organizacionales de las áreas que conforman el campo organizacional.

Para generar un cambio organizacional auténtico, es necesario buscar el apoyo de organizaciones que aporten seguridad en la legitimación de las nuevas ideas. Para el caso de estudio de Greenwood R. el eje utilizado para apoyo en la legitimación del cambio, fueron las organizaciones o agrupaciones profesionales.

Establecer unas teorías válidas que satisfagan la necesidad de un grupo de áreas profesionales y a la asociación profesional que las ampara, es fundamental para generar el cambio organizacional esperado. De otro lado, el análisis de los procesos internos de la organización es fundamental para que permee resultados óptimos en el cambio. La legitimidad interna es prioridad para que se generen los cambios que dan como resultado la legitimidad total de las acciones implementadas dentro de la organización.

El impacto generado por las condiciones del entorno, establecen las necesidades de cambio interno de la organización, lo cual genera un efecto donde la organización responde con los ajustes y modificaciones que equilibren nuevamente el sistema. Los procesos realizados por la organización para generar equilibrio están acompañados por la inercia de las fuerzas que actúan antes de presentar el cambio, por ende, es importante mitigar dicho

efecto con actividades contingentes que reduzcan la resistencia al cambio. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)

El modelo de práctica institucional desarrollado por Smets, Morris, & Greenwood, (2012) está impulsado por el cambio originado en el trabajo cotidiano de las personas, desde los resultados en un cambio en la lógica a nivel del trabajo de campo. Demuestran cómo la improvisación en el trabajo puede generar un cambio institucional, y dan cuenta del impacto presentado en el espíritu empresarial.

Los autores plantean los mecanismos específicos por los que el cambio surge del trabajo diario, se convierte, justifica y se difunde dentro de una organización posibilitando dinámicas que desencadenan el cambio. Por otra parte, indican que, en la actualidad, los cambios organizacionales se dan en el trabajo de campo, desde la presencia de las situaciones que generan el cambio a nivel externo y la influencia que esas fuerzas externas conllevan, lo cual generará una respuesta de choque frente a esas influencias. La solución aplicada por medio de la improvisación y la colaboración del trabajo en equipo originan cambio en la organización a nivel institucional.

El estudio de caso se enmarca en las firmas de abogados que, en un proceso de fusión, requieren de lineamientos institucionales con el fin de ajustarse a las leyes anglo-alemanas para ofrecer servicios transfronterizos. Para ello, aplican el modelo multinivel del cambio institucional basado en la práctica, lo cual determina que los cambios institucionales son dinámicos, por lo tanto, se observan tres mecanismos principales de cambio: la improvisación situada, la reorientación de normatividad en red y la incorporación discreta.

A partir del análisis del modelo de práctica institucional de Smets, Morris, & Greenwood, (2012), el desarrollo del cambio organizacional a partir del análisis empírico determina la urgencia requerida para la aplicación del cambio. El análisis y comparación de resultados en el desarrollo de esas actividades da como resultado mejores prácticas y lecciones de aprendizaje para la mejora de los procesos.

Por otra parte, y siguiendo con el análisis realizado a Smets, Morris, & Greenwood, (2012), el cambio institucional siempre generará impactos importantes en la adopción, implementación y seguimiento de los procesos generadores de cambio dando como

resultado, las resistencias propias al mismo, sin embargo, al realizar estos procesos por medio de estrategias multinivel, realizando pequeños cambios y agruparlos para compilarlos, generan menor impacto y resistencia en el ámbito institucional.

En el campo de la ingeniería, el contexto institucional-normativo se observa que la transformación organizacional impacta en el campo profesional, generando que el cambio del rol del profesional se enfoque hacia la especialización de la labor (Smets, Morris, & Greenwood, 2012). Del mismo modo, las dinámicas de cambio organizacional fomentan el conocimiento especializado y las características de la profesión resaltan para contrarrestar el cambio en el entorno organizacional. La adaptabilidad y adopción de nuevas prácticas son evidentes con el fin de equilibrar las dinámicas del entorno.

Estos aspectos, se consideran elementos clave para entender las dinámicas que un profesional debe enfrentarse en el desarrollo de su ocupación y considerarse como características propias del individuo para desempeñarse en una organización.

1.1.3 Revisión de los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional. Características y aplicaciones

Dentro del ámbito de certificación profesional es necesario analizar tres elementos que están correlacionados: la certificación, la acreditación y la licencia profesional. El análisis del modelo llevado a cabo por Estados Unidos sobre la acreditación-certificación y licenciamiento de los profesionales de ingeniería realizado por Jang & Yu, (2008) y la comparación con los procesos en Canadá y Reino Unido con el sistema llevado a cabo en China, determina que la aplicación de los tres elementos de acreditación, certificación y licenciamiento genera confusión, por lo tanto, los autores establecen los conceptos para la aplicación e importancia de estos elementos.

En el análisis efectuado a Jang & Yu, (2008), la acreditación es aplicada a las instituciones universitarias y afines, la certificación a las personas profesionales y el licenciamiento a los profesionales que desarrollan actividades riesgosas para la sociedad en cuanto a pérdidas económicas y humanas.

Por otra parte, dadas las nuevas circunstancias sobre competencia globalizada, internacionalización de mercados, se propone la globalización del currículo de ingeniería (Kasuba, Vohra, & Vohra, 2006). Ese concepto innovador fue aplicado en el programa de ingeniería industrial de la Universidad Northern Illinois. DeKlab USA donde se introdujo el Énfasis de Ingeniería Global.

El Énfasis de Ingeniería Global incluye un número de módulos que tratan de expectativas de lenguaje, habilidades de comunicación, multiculturalismo; aspectos sensibles que la ingeniería de clase mundial donde la ingeniería se integra con la sociedad y los negocios (Kasuba, Vohra, & Vohra, 2006).

Este enfoque depende fundamentalmente del apoyo de las empresas y corporaciones multinacionales que proveen la posibilidad de realizar prácticas empresariales (de verano) e internados empresariales en casos y proyectos específicos y aplicados.

La aplicación de un modelo científico de acreditación tomando como base el proyecto de investigación de la certificación a tres fases (Patil A., 2004). Sus referencias más usadas son Mitkowski, S.A. and Pudlowski, Z.J sobre currículo en alta educación. El autor toma los tres elementos de acreditación, certificación y licenciamiento como un ciclo. Incluye una investigación de los importantes aspectos de acreditación y procesos de evaluación en los cursos de tecnología e ingeniería mundial.

De otro lado, Kasuba & Vohra (2004) indican se presentan diferencias en la acreditación profesional y la licencia profesional, de igual forma que no a todas las profesiones de ingeniería requiere de la licencia profesional. Hacen una descripción de los licenciamientos profesionales en diferentes países del mundo. Concluye que el proceso es innecesariamente complejo, lento, que va con la protección del territorio. Recomendaba aplicar los acuerdos de Washington Accord and Bologna Process/European Higher Education Area para sobrellevar este proceso complejo.

Patil & Pudlowsky (2005) se esfuerzan por identificar los temas importantes de acreditación y aseguramiento de la calidad en la educación en ingeniería en todo el mundo. Estas cuestiones deben tenerse en cuenta al diseñar y desarrollar un marco de los estándares de acreditación o un modelo. Incluyen una estrategia de un diseño de estudios múltiples

de casos con el fin de investigar los aspectos importantes de acreditación y evaluación. Un caso importante expuesto por Pokholkov & Chuchalin (2004) describe cómo a partir de la Universidad Politécnica de Tomsk se establece el centro de enseñanza de la ingeniería Ruso-Asiática con convenios a nivel mundial. Cabe resaltar que, a partir de la tradición y legitimidad de la Universidad Politécnica de Tomsk, se conforman sinergias con organismos internacionales para crear instituciones para la internacionalización de la educación de la ingeniería.

Kelly (2007) tiene como propósito hacer una revisión de la certificación y procesos relacionados para los profesionales de ingeniería civil. Destaca que, aunque la certificación y la acreditación están muy relacionadas, tiene diferencias importantes. Sus referencias enfocan hacia la normatividad bajo la ISO, IEEE, y reglamentación legal.

De la revisión bibliográfica se puede concluir que se presentan beneficios, oportunidades y riesgos en lo referente al profesional de ingeniería como individuo, su ocupación como insumo transformador en las organizaciones y el riesgo que se puede presentar si no se fortalecen los aspectos de control. Por otra parte, los elementos analizados desde cada uno de los enfoques y teorías (institucionalismo, profesionalismo, acreditación-certificación-licencia) generan elementos y características a considerar en el análisis de decisión multicriterio.

En el siguiente capítulo se retoman los conceptos y análisis de los artículos germinales de los autores los autores Kasuba, R; Vohra, D, Vohra, P(2006), Kasuba, R., Ziliukas, P.(2004), Kasuba, R, Vohra, P., (2004) con el fin de explicar los modelos más importantes de certificación y acreditación en ingeniería como son Washington Accord y Bologna Process/European Higher Education Area, seguidamente, se realiza el análisis y conceptualización del análisis de decisiones multicriterio y su relación y concordancia con el institucionalismo (Cheim, Williams, & Hinings, 2007); (Greenwood, Suddaby, & Hinings, 2002); (Smets, Morris, & Greenwood, 2012), profesionalismo (Evetts, 2012); (Evans, 2008); (Freidson, 2001) y los conceptos de la triada de la credencialización (Jang & Yu, 2008).

2. Criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería

El presente capítulo inicia con el análisis de los artículos germinales revisados en el capítulo anterior de los autores Kasuba, R; Vohra, D, Vohra, P(2006) sobre la globalización de la profesión de ingeniería, Kasuba, R., Ziliukas, P.(2004) en el análisis y revisión de los consorcios acreditadores de educación en ingeniería (Washington Accord y Bologna Process); movilidad internacional y licencia de los profesionales de ingeniería (Kasuba, R, Vohra, P., 2004).

Por otra parte, se realiza la descripción de los modelos de certificación más importantes, tales como los acuerdos Washington Accord y Bologna Process/European Higher Education Area, según Kasuba, R, Vohra, P., (2004) para el cumplimiento de los parámetros internacionales de calidad académica; los organismos de certificación NCEES (National Council of Examiners of Engineering and Surveying) y FEANI (European Federation of National Engineering Associations) y los consejos profesionales de ingeniería en Colombia.

Se realiza el análisis de los conceptos de criterios, alternativas enfocadas a la toma de decisiones multicriterio, con base en Belton, V.; Stewart, T. (2002) y Barba-Romero, S.; Pomerol, J-C. (1997). Estos conceptos servirán de ilustración para que a partir de los aspectos que influyen en los contextos profesional-sociológico e institucional-normativo y los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional y globalización de la ingeniería, a partir de las corrientes teóricas del institucionalismo (Cheim, Williams, & Hinings, 2007); (Greenwood, Suddaby, & Hinings, 2002); (Smets, Morris, & Greenwood, 2012), profesionalismo (Evetts, 2012); (Evans, 2008); (Freidson, 1999); (Freidson, 2001) y los conceptos de la triada de la credencialización (Jang & Yu, 2008) analizados en el capítulo anterior, la definición de los grupos de criterios a la hora de seleccionar un modelo de certificación de profesionales en un país determinado.

2.1 Referentes teóricos relacionados con la globalización de la profesión de ingeniería, la movilidad internacional y licenciamiento de los profesionales de ingeniería

En el capítulo anterior, se realizó un análisis de cada una de las corrientes teóricas del institucionalismo, el profesionalismo, la incidencia de la identidad profesional, como insumo para la definición de los contextos profesional-sociológico e institucional-normativo donde se observa la influencia del poder de la profesión vigilada por los entes de control a través de la profesionalización en el marco del profesionalismo; así como el efecto de la transformación organizacional que impacta en el campo profesional, generando cambios en el rol profesional.

Análogamente, en el análisis realizado a estas corrientes teóricas, los procesos de certificación y licenciamiento profesional (Kasuba & Vohra, 2004); Kasuba, R; Vohra, D, Vohra, P. (2006); establece los lineamientos para el control de la profesión como herramientas para el desarrollo de la profesionalización (Evetts, 2012).

Kasuba & Vohra (2004) determinan que el grado de acreditación profesional es parte esencial para el proceso de licenciamiento, así como la importancia del cumplimiento de los seis elementos para el licenciamiento profesional

- Títulos acreditados en ingeniería
- Experiencias de ingeniería significativa y exigente
- Otorgamiento de licencias en el país de origen
- Compromiso con la educación continua
- La inclusión en los registros internacionales por la agencia del país de origen como un candidato calificado para su posible concesión de licencias por otros países
- Satisfacción de las necesidades jurisdiccionales de los países de acogida

El título acreditado de ingeniería debe cumplir con los parámetros internacionales de calidad académica, para el cual expone los procesos desarrollados por los dos más importantes consorcios dedicados a los temas de acreditación y calidad académica: Washington Accord y Bologna Process/European Higher Education Area.

Con el fin de comprender los procesos de control desarrollados por las diferentes instituciones en el ámbito de la profesionalización, se realiza la descripción de los acuerdos Washington Accord de la alianza International Engineering Alliance (IEA) y Bologna Process/European Higher Education Area, de la Comisión Europea en el sector de Educación y entrenamiento. Análogamente, se efectúa la descripción de los consejos profesionales de ingeniería y las organizaciones certificadoras profesionales internacionales (NCEES y FEANI).

2.2 Consorcios y acuerdos de acreditación y calidad académica

2.2.1 Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington)

El acuerdo de Washington (Washington Accord) es un acuerdo internacional firmado en el año 1989 entre los organismos responsables de los programas de grado acreditados de ingeniería, los cuales pertenecen a la Alianza Internacional en Ingeniería (IEA International Engineering Alliance). Este acuerdo reconoce la equivalencia sustancial de los programas acreditados por esos órganos y recomienda que los graduados de programas acreditados por cualquiera de los organismos firmantes serán reconocidos por los demás órganos que cumpla los requisitos académicos para el acceso a la práctica de la ingeniería. (International Engineering Alliance IEA, 2016)

Por otra parte, la Alianza Internacional de Ingeniería (IEA International Engineering Alliance) abarca los acuerdos de Washington (Washington Accord), acuerdo de Sydney (Sydney Accord) y el acuerdo de Dublin (Dublin Accord). Análogamente, integra los acuerdos internacionales de los profesionales de ingeniería (International Professional Engineers Agreement (IPEA)), el acuerdo internacional de los tecnólogos en ingeniería (International Engineering Technologist Agreement (IETA)), el acuerdo de ingeniería de la Cooperación Asia Pacífico (APEC Engineer Agreement). (International Engineering Alliance IEA, 2016)

De manera similar, los acuerdos internacionales de los profesionales de ingeniería (International Professional Engineers Agreement (IPEA)), el acuerdo internacional de los

tecnólogos en ingeniería (International Engineering Technologist Agreement (IETA)) proveen mecanismos para el reconocimiento de un título en una jurisdicción para el reconocimiento en otras jurisdicciones. (International Engineering Alliance IEA, 2016)

La Alianza Internacional de Ingeniería establece el documento titulado “Graduate Attributes and Professional Competencies” Versión 3: 21 de Junio de 2013 en el cual analizan los lineamientos base sobre los criterios de evaluación de programas, desarrollo de estándares con base en competencias para registro profesional, estamentos que las agremiaciones educativas y profesionales han desarrollado para el reconocimiento mutuo de cualificaciones, dando como resultado un documento que determina los atributos del profesional graduado y los perfiles de competencias profesionales de tres ciclos de profesiones: Profesional en ingeniería, Tecnólogo en Ingeniería y Técnico en Ingeniería (International Engineering Alliance, 2016)³ (Ver [Anexo G](#)).

El acuerdo de Washington (Washington Accord) provee el reconocimiento mutuo de programas de ingeniería; por otra parte, el acuerdo de Sydney (Sídney Accord) provee el reconocimiento mutuo de los programas de tecnología en ingeniería; análogamente el acuerdo de Dublin (Dublín Accord) provee el reconocimiento mutuo de los técnicos en ingeniería. El documento provee una serie de atributos de grado (Graduate Attributes) los cuales son una serie de resultados evaluables que un potencial profesional de ingeniería debería adquirir para el desempeño de su ocupación. Estos atributos presentan un propósito, alcance y limitaciones aplicables a cada agremiación perteneciente a la alianza en el marco del principio de equivalencia sustancial (substantial equivalence) (International Engineering Alliance, 2016)⁴ (Ver [Anexo G](#)).

El propósito de los atributos de grado es establecer un conjunto de componentes que son el resultado de las competencias de un profesional graduado para la práctica adecuada de su profesión. Son atributos esperados de la capacidad prevista de un profesional.

³ Este documento está disponible a través del sitio web de IEA (International Engineering Alliance) en: <http://www.ieagreements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

⁴ Este documento está disponible a través del sitio web de IEA (International Engineering Alliance) en: <http://www.ieagreements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

El alcance de los atributos de grado, están enfocados en doce (12) perfiles de atributos que se consideran criterios para un profesional de ingeniería.

Para el caso de los profesionales de ingeniería se analizarán los perfiles de conocimiento que están relacionados los perfiles de los graduados y los perfiles profesionales de ingeniería. Los perfiles de conocimientos de ingeniería establecidos por el Acuerdo de Washington establecen ocho características que un ingeniero deberá poseer para su desempeño profesional. Estos perfiles se denominan Washington Knowledge (WK). En la Tabla 2-1 se describen los perfiles de conocimiento de ingeniería.

Tabla 2-1: Perfiles de conocimiento de ingeniería⁵

WK1. Comprensión sistemática de las ciencias naturales aplicables a la disciplina en ingeniería	WK5. Conocimiento que soporte el diseño en ingeniería en el área práctica
WK2. Conceptos basados en matemáticas, análisis numérico, estadística, aspectos formales de computación y ciencias de la información que soporten el análisis y la aplicación de modelización en la disciplina de la ingeniería.	WK6. Conocimiento en la práctica de la ingeniería y la tecnología de la ingeniería en las áreas disciplinares de la ingeniería
WK3. Formación teórica en fundamentos de ingeniería requeridos en la en la disciplina de la ingeniería.	WK7. Comprensión del rol del ingeniero en la sociedad y la identificación de los aspectos de la aplicación de la ingeniería: ética, responsabilidad profesional, seguridad pública, los impactos de las actividades de ingeniería en lo social, económico, cultural, ambiental y sostenibilidad
WK4. Conocimiento especializado en ingeniería que provea marcos teóricos y cuerpos de conocimiento aceptables en el área de ingeniería y de gran importancia en la ingeniería.	WK8. Compromiso de investigación en el área de la disciplina de la ingeniería

De otro lado, a partir de los perfiles de conocimiento de ingeniería, el Acuerdo de Washington establece los perfiles de atributos del graduado y del profesional las cuales se describen detalladamente en las tablas 2-2 y la tabla 2-3 respectivamente.

⁵ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

En los perfiles de atributos del graduado, el Acuerdo Washington lo identifica como Washington Attributes WA1 al WA12

Tabla 2-2: Perfiles característicos del graduado en ingeniería⁶

Perfiles característicos del Graduado en Ingeniería (WA)	
Características Diferenciadoras	Descripción según Washington Accord
WA1. Conocimiento en Ingeniería	<p>Aplica conocimientos en matemáticas, ciencias naturales, fundamentos de ingeniería y una especialidad en ingeniería específicamente para:</p> <p>Una comprensión sistemática basada en la teoría de las ciencias naturales aplicables a la disciplina.</p> <p>Conceptos basados en matemáticas, análisis numérico, estadística, aspectos formales de la informática e información científica para apoyar en análisis y modelado aplicable a la disciplina.</p> <p>Una formulación sistemática, basada en la teoría de los fundamentos de la ingeniería requerida en la disciplina.</p> <p>Conocimientos especializados de ingeniería que proporciona marcos teóricos y cuerpos de conocimiento de las áreas de práctica aceptados en la disciplina de la ingeniería; mucho más si está en la vanguardia de la disciplina, para la solución de problemas complejos de ingeniería.</p>
WA2. Análisis de Problemas (Complejidad de análisis)	Identifica, formula, investiga en literatura relevante y analiza problemas complejos de ingeniería, manteniendo conclusiones sustentadas usando los primeros principios de matemáticas, ciencias naturales, y ciencias de la ingeniería.
WA3. Diseño /Desarrollo de soluciones (Alcance y singularidad de los problemas de ingeniería, es decir, el grado en que los problemas son originales y para los que las soluciones han sido previamente identificados y codificados.)	Diseña soluciones para problemas complejos de ingeniería y diseña sistemas, componentes o procesos que encuentran necesidades específicas con la apropiada consideración del impacto de la seguridad de salud pública y las consideraciones de los impactos culturales, en la sociedad y el ambiente.

⁶ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagreements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

Tabla 2-2: (continuación) ⁷

Perfiles característicos del Graduado en Ingeniería (WA)	
Características Diferenciadoras	Descripción según Washington Accord
WA4. Investigación (alcance y profundidad en investigación y experimentación)	Conducir investigaciones de problemas complejos usando el conocimiento basado en investigación, y métodos de investigación incluyendo diseño de experimentos, análisis e interpretación de datos y síntesis de información para proveer conclusiones válidas
WA5. Uso de herramientas modernas (Nivel de entendimiento del uso apropiado de herramientas)	Crear, seleccionar y aplicar técnicas apropiadas recursos y herramientas modernas de ingeniería y tecnologías de información, incluyendo predicción y modelamiento para problemas complejos de ingeniería con un entendimiento de las limitaciones.
WA6. La Ingeniería y la Sociedad (Nivel de conocimiento y responsabilidad)	Aplicar razonablemente por medio del conocimiento del contexto de los aspectos sociales, de salud, legal y cultural, la práctica responsable de la ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería.
WA7. Medio Ambiente y Sostenibilidad (Tipo de soluciones)	Entender y evaluar la sostenibilidad y el impacto del trabajo profesional de ingeniería en la solución de problemas complejos de ingeniería en los contextos ambientales y sociales
WA8. Ética (entendimiento y nivel de práctica)	Aplicar principios éticos y dedicarse a practicar la ética profesional, las responsabilidades y las normas de la práctica de ingeniería
WA9. Trabajo individual y en equipo (Papel y diversidad en equipo)	Funcionar efectivamente de manera individual y como miembro o líder en diversos equipos y en entornos multidisciplinarios

⁷ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

Tabla 2-2: (continuación) ⁸

Perfiles característicos del Graduado en Ingeniería (WA)	
Características Diferenciadoras	Descripción según Washington Accord
WA10. Comunicación (Nivel de comunicación acorde con el tipo de actividades desempeñadas)	Comunicarse efectivamente sobre actividades complejas con la comunidad de ingeniería y la sociedad en general, así como tener la capacidad de comprensión y la escritura efectiva de reportes y el diseño de documentación. Hacer presentaciones efectivas, dar y recibir instrucciones claras
WA11. Gestión de Proyectos y Finanzas (Nivel de gestión requerido por diferentes tipos de actividad)	Demostrar conocimiento y entendimiento de los principios de gestión de ingeniería y toma de decisiones económicas y aplicarlas en su propio trabajo y como miembro o líder de un equipo de trabajo para gerenciar proyectos y en ambientes multidisciplinarios
WA12. Aprendizaje permanente (preparación y profundización del aprendizaje permanente)	Reconocer la necesidad y tener la preparación y la capacidad de participar en el aprendizaje autónomo y permanente en el contexto más amplio de los cambios tecnológicos.

En los perfiles de competencias del profesional, el Acuerdo Washington los identifica como Engineering Competency EC1 al EC13. En la tabla 2-3 se describen dichas competencias enfocadas al profesional en ingeniería.

⁸ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagreements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

Tabla 2-3: Perfiles de competencias del profesional en ingeniería⁹

Perfiles de Competencias Profesionales (EC)	
Características diferenciadoras	Profesional de Ingeniería (Según Washington Accord)
EC1. Comprensión y Aplicación de conocimiento universal (Amplitud y profundidad de la educación y el tipo de conocimiento)	Comprender y aplicar los conocimientos avanzados de los principios ampliamente aplicados que sustenten las buenas prácticas
EC2. Comprender y aplicar el conocimiento local (Tipo de conocimiento local)	Comprender y aplicar conocimientos avanzados de los principios ampliamente aplicados que sustenten las buenas prácticas específicamente en la jurisdicción en la cual se practica la profesión
EC3. Análisis de problemas (Complejidad de análisis)	Define, analiza e investiga problemas complejos
EC4. Diseño y desarrollo de soluciones (Naturaleza del problema y unicidad de la solución)	Diseña o desarrolla soluciones a problemas complejos
EC5. Evaluación (tipo de actividad)	Evalúa los resultados e impactos de actividades complejas
EC6. Protección a la sociedad (tipos de actividad y responsabilidad a lo público)	Reconocer los efectos sociales, culturales y ambientales razonablemente previsibles de actividades complejas en general, y de tener en cuenta la necesidad de la sostenibilidad; reconoce que la protección de la sociedad es la más alta prioridad
EC7. Legislación y reglamentación (No diferenciación en esas características)	Cumplir con todos los requisitos legales y reglamentarios y proteger la salud y la seguridad pública en el curso de sus actividades
EC8. Ética ((No diferenciación en esa característica)	Manejar sus actividades de manera ética
EC9. Gestionar las actividades de ingeniería (Tipos de Actividad)	Gestionar parte o la totalidad de una o más actividades complejas
EC10. Comunicación ((No diferenciación en esa característica)	Comunicarse claramente con otros en el curso de sus actividades

⁹ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

Tabla 2-3: (continuación)¹⁰

Perfiles de Competencias Profesionales (EC)	
Características diferenciadoras	Profesional de Ingeniería (Según Washington Accord)
EC11. Aprendizaje permanente (Preparación continua y a profundidad)	Llevar a cabo actividades de Desarrollo Profesional Continuo para mantener y ampliar su competencia
EC12. Juicio (Nivel de conocimiento desarrollado, y la habilidad y el juicio en relación con el tipo de actividad)	Reconocer la complejidad y evaluar alternativas a la luz de los requisitos de competencia y conocimiento incompleto. Ejercer buen juicio en el curso de sus actividades complejas
EC13. La responsabilidad de las decisiones: (Tipo de la actividad para la que se toma la responsabilidad)	Ser responsable de la toma de decisiones sobre la totalidad o parte de las actividades complejas

Estos perfiles, definidos por el Acuerdo de Washington se consideran como características para la verificación de las competencias de un profesional de ingeniería, de tal forma que a partir de los perfiles de conocimiento se desprendan los atributos que un profesional graduado y las competencias de un profesional en ingeniería deberían tener para el desarrollo de su actividad profesional. Retomando a Barba-Romero & Pomerol (1997, pág. 26), estos insumos son el fundamento para la construcción de los criterios y alternativas y dentro del análisis de decisión multicriterio, puede identificarse como una fase de recolección de información para la correspondiente obtención de datos para la construcción de un conjunto de características de elección.

¹⁰ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

2.2.2 Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington)

El Proceso de Bologna fue iniciado en el año 1999. En la actualidad involucra a 46 países. Una de sus importantes líneas de acción está enfocada en la reestructuración de los programas de educación superior y cambios en las cualificaciones (Diplomas) que son resultado de su culminación. En el año 2003 los ministros con responsabilidad en la educación superior, se reunieron en Berlín y revisaron el proceso de Bologna. Ellos llamaron a cada uno de los países participantes para desarrollar un marco de cualificación nacional. También pidieron la elaboración de un marco general de cualificaciones en el Espacio Europeo de Educación Superior, lo que brevemente se conoce como el Marco de Bologna. Posteriormente en la ciudad de Bergen (Noruega) en el año 2005 los Ministros adoptaron el Marco de Bologna. Este marco ha sido elaborado por grupos de trabajo los cuales reportan sus adelantos a Bologna Follow-Group presidido por Mogens Berg. (Bologna Process Secretariat, 2016)

El propósito del Marco de Bologna es proveer mecanismos que relacionen los marcos de cualificación de cada uno de los países miembros y el marco general europeo dando como resultado una racionalización de elementos comunes enfocados a los siguientes aspectos:

- a) Transparencia Internacional: Es el fundamento del Proceso de Bologna donde los instrumentos como los diplomas tienen un rol fundamental es ese proceso, resulta difícil asegurar que las cualificaciones podrían revisarse y compararse entre los países fronterizos sin tener una arquitectura simple para el entendimiento mutuo de criterios de cualificación.
- b) El reconocimiento internacional de cualificaciones: Este reconocimiento seria acompañado y asistido por el Marco de Bologna el el cual provee un entendimiento común de resultados (títulos, diplomas) representados en cualificaciones con el propósito de acceder a la educación continuada y al empleo de los profesionales.
- c) Movilidad internacional para aprendices y profesionales graduados: Esta característica depende del reconocimiento de las cualificaciones de aprendizaje y resultados obtenidos. Los aprendices tendrán la plena seguridad que las competencias aprendidas servirán para sus cualificaciones en su país de origen. El

Marco de Bologna ayudará a dar el apoyo para que las cualificaciones sean reconocidas en más de un país

Los descriptores de resultados de aprendizaje han sido establecidos para determinar el nivel de aprendizaje que un aprendiz podría alcanzar en determinada disciplina. Tradicionalmente la educación superior ha establecido metas para el conocimiento alcanzado para la mejora de los procesos de aprendizaje o para la mejora del curricular, sin embargo, ha sido menos explícito frente a las competencias que debe alcanzar. (Bologna Working Group on Qualifications Frameworks, 2005)

El Marco de Bologna presenta tres ciclos que son elementos clave para entender el marco. Estos tres ciclos están compuestos por unos descriptores que determinan las características de cada ciclo. Los descriptores han sido desarrollados en común acuerdo con los grupos de interés y partes interesadas. (stakeholders) en Europa. Estos descriptores se denominan los Descriptores de Dublín. Estos descriptores son de naturaleza muy generales, no obstante, pueden acoplarse a una amplia serie de disciplinas y perfiles, así como las variaciones de cada uno de los criterios a nivel nacional de los países miembros. (Bologna Process Secretariat, 2016)

Para el caso de los profesionales graduados, se tendrán en cuenta los descriptores del primer ciclo, pues son aplicables para los títulos de licenciados (Bachelor Degree) y de estudios superiores (Higher Diploma). En Europa estas denominaciones pertenecen a los niveles 6 del European Qualification Framework así como 7 y 8 del Irish Framework Levels. (European Consortium for Accreditation, 2016)

En la Tabla 2-4 se presentan los descriptores para el primer ciclo de los Descriptores de Dublín en detalle (Bologna Working Group on Qualifications Frameworks, 2005)

Tabla 2-4: Descriptores de Dublín¹¹

Descriptores de Dublín
Primer Ciclo
<p>Cualificaciones (Características) que indican la consecución del primer ciclo se otorgan a los estudiantes que tengan lo siguiente:</p> <p>Conocimiento y comprensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un campo de estudio que se basa en la educación secundaria general, y por lo general a un nivel que, si bien apoya en libros de texto avanzados, incluye algunos aspectos que serán informados por el conocimiento de la vanguardia de su campo de estudio. <p>Aplicación del conocimiento y comprensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede aplicar su conocimiento y comprensión de una manera que indica un enfoque profesional a su trabajo o vocación, y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio. <p>Capacidad para hacer juicios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispone de la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas sociales, científica o ética. <p>Capacidad de comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede comunicar información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado. <p>Habilidad de aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para que continúen para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
<p>Típicamente se incluyen 180-240-ECTS créditos (European Credits Transfer System) Bachelors:</p> <p>a. 3-year Bachelor's, 180 ECTS</p> <p>b. 4-year bachelor's with year abroad or year in industry, 240 ECTS</p>

Por otra parte, como se había indicado anteriormente, los descriptores de Dublín son características generales aplicables que pueden acoplarse a una amplia serie de

¹¹ Traducido y adaptado de "A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area-Bologna Working Group on Qualifications Frameworks" Apéndice 8 P. 193 extractado de: http://ecahe.eu/w/images/7/76/A_Framework_for_Qualifications_for_the_European_Higher_Education_Area.pdf

disciplinas y perfiles, así como las variaciones de cada uno de los criterios a nivel nacional de los países miembros. En la Tabla 2-5 se relacionan los niveles educativos del marco de cualificación europeo en comparación con el marco de Bologna y los niveles marco de Irlanda. (European Higher Education Area-Bologna Process, 2009).

Tabla 2-5: Diagrama que relaciona los niveles educativos de European Qualification Framework (EFQ).

Draft EQF Levels	Bologna Framework	Irish Levels	Framework	Irish Levels	Major Award-
1			1	Level 1 Certificate	
2			2	Level 2 Certificate	
3			3	Level 3 Certificate, Junior Certificate	
4			4	Level 4 Certificate, Leaving Certificate	
5	Short Cycle with First Cycle		5	Level 5 Certificate, Leaving Certificate	
6	First Cycle		6	Advanced Certificate, Higher Certificate	
7	Second Cycle		7	Ordinary Bachelor Degree	
8	Third Cycle		8	Honors bachelor's degree, Higher Diploma	
			9	Master's Degree, Post-Graduate Diploma	
			10	Doctoral Degree, Higher Doctorate	

Como se puede observar los Descriptores de Dublín de los acuerdos de Bologna Process junto con los perfiles definidos por el Acuerdo de Washington, se consideran los elementos que describen al profesional de ingeniería, las cuales son importantes para la obtención y recolección de datos e información que generan la construcción de un conjunto de características de elección (Barba-Romero & Pomerol, 1997, pág. 26).

2.2.3 Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia

Los Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia son entidades públicas de inspección, control y vigilancia del ejercicio profesional de los ingenieros, con base en las facultades otorgadas por la Ley 842 de 2003 (Congreso de Colombia, 2003).

El ejercicio profesional de la Ingeniería en todas sus ramas, de sus profesiones afines y sus respectivas profesiones auxiliares, debe ser guiado por criterios, conceptos y elevados fines, que propendan enaltecerlo; por lo tanto, deberá estar ajustado a las disposiciones de las normas que constituyen su Código de ética profesional (Ley 842 de 2003 art. 29). En este se establecen los deberes y obligaciones que el profesional de ingeniería debe cumplir. A continuación de muestra el análisis a dichos lineamientos.

Tabla 2-6: Deberes y Obligaciones del Profesional de Ingeniería en Colombia según el código de ética profesional (Ley 842 de 2003)¹²

Deberes/Obligaciones	Descripción	Observaciones
Artículo 31. Deberes Generales de los Profesionales. (Los literales c), d), son declarados inexecutable por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-570-2004)	a) Cumplir con los requerimientos, citaciones y demás diligencias que formule u ordene el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería respectivo o cualquiera de sus Consejos Seccionales o Regionales	Determina el cumplimiento de la normatividad y reglamentación legal.
	b) Custodiar y cuidar los bienes, valores, documentación e información que por razón del ejercicio de su profesión, se le hayan encomendado o a los cuales tenga acceso; impidiendo o evitando su sustracción, destrucción, ocultamiento o utilización indebidos, de conformidad con los fines a que hayan sido destinados.	Cumplimiento de acuerdos de confidencialidad en la profesión
	e) Permitir el acceso inmediato a los representantes del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería respectivo y autoridades de policía, a los lugares donde deban adelantar sus investigaciones y el examen de los libros, documentos y diligencias correspondientes, así como prestarles la necesaria colaboración para el cumplido desempeño de sus funciones;	Determina el cumplimiento de la normatividad y reglamentación legal.
	f) Denunciar los delitos, contravenciones y faltas contra este Código de Ética, de que tuviere conocimiento con ocasión del ejercicio de su profesión, aportando toda la información y pruebas que tuviere en su poder;	Establece las buenas prácticas del profesional y de sus colegas profesionales
	g) Los demás deberes incluidos en la presente ley y los indicados en todas las normas legales y técnicas relacionados con el ejercicio de su profesión.	Determina el cumplimiento de la normatividad y reglamentación legal.

¹² Extractado de <https://copnia.gov.co/nuestra-entidad/normatividad/ley-842-de-2003> recuperado el 07 de septiembre de 2018

Tabla 2-6: (continuación)¹³

Deberes/Obligaciones	Descripción	Observaciones
Artículo 32. Prohibiciones generales a los profesionales (Los literales e), h), son declarados inexecutable por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-570-2004)	a) Nombrar, elegir, dar posesión o tener a su servicio, para el desempeño de un cargo privado o público que requiera ser desempeñado por profesionales de la ingeniería o alguna de sus profesiones afines o auxiliares, en forma permanente o transitoria, a personas que ejerzan ilegalmente la profesión;	Determina el cumplimiento de la normatividad y reglamentación legal.
	b) Permitir, tolerar o facilitar el ejercicio ilegal de las profesiones reguladas por esta ley;	Encaminada a fortalecer los principios de honestidad y la justicia
	c) Solicitar o aceptar comisiones en dinero o en especie por concepto de adquisición de bienes y servicios para su cliente, sociedad, institución, etc., para el que preste sus servicios profesionales, salvo autorización legal o contractual;	Encaminada a fortalecer los principios de honestidad y la justicia
	d) Ejecutar actos de violencia, malos tratos, injurias o calumnias contra superiores, subalternos, compañeros de trabajo, socios, clientes o funcionarios del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería respectivo o alguno de sus Consejos Regionales o Seccionales;	Encaminada a fortalecer el principio de respeto.
	f) El reiterado e injustificado incumplimiento de las obligaciones civiles, comerciales o laborales, que haya contraído con ocasión del ejercicio de su profesión o de actividades relacionadas con este;	Encaminada a fortalecer los principios de honestidad y la justicia
	g) Causar, intencional o culposamente, daño o pérdida de bienes, elementos, equipos, herramientas o documentos que hayan llegado a su poder por razón del ejercicio de su profesión;	Encaminada a fortalecer el principio de respeto.
	i) Incumplir las decisiones disciplinarias que imponga el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería respectivo u obstaculizar su ejecución;	Encaminada a fortalecer los principios de honestidad y la justicia
	j) Solicitar o recibir directamente o por interpuesta persona, gratificaciones, dádivas o recompensas en razón del ejercicio de su profesión, salvo autorización contractual o legal;	Encaminada a fortalecer los principios de honestidad y la justicia

¹³ Extractado de <https://copnia.gov.co/nuestra-entidad/normatividad/ley-842-de-2003> recuperado el 07 de septiembre de 2018

Tabla 2-6: (continuación) ¹⁴

Deberes/Obligaciones	Descripción	Observaciones
Artículo 34. Prohibiciones especiales a los profesionales para con la sociedad	a) Ofrecer o aceptar trabajos en contra de las disposiciones legales vigentes, o aceptar tareas que excedan la incumbencia que le otorga su título y su propia preparación;	Mantener la integridad y el cumplimiento de las normas y reglamentación profesional.
	b) Imponer su firma, a título gratuito u oneroso, en planos, especificaciones, dictámenes, memorias, informes, solicitudes de licencias urbanísticas, solicitudes de licencias de construcción y toda otra documentación relacionada con el ejercicio profesional, que no hayan sido estudiados, controlados o ejecutados personalmente;	
	c) Expedir, permitir o contribuir para que se expidan títulos, diplomas, matrículas, tarjetas de matrícula profesional; certificados de inscripción profesional o tarjetas de certificado de inscripción profesional y/o certificados de vigencia de matrícula profesional, a personas que no reúnan los requisitos legales o reglamentarios para ejercer estas profesiones o no se encuentren debidamente inscritos o matriculados;	
	d) Hacer figurar su nombre en anuncios, membretes, sellos, propagandas y demás medios análogos junto con el de personas que ejerzan ilegalmente la profesión;	
	e) iniciar o permitir el inicio de obras de construcción sin haber obtenido de la autoridad competente la respectiva licencia o autorización.	
Artículo 35. Deberes de los profesionales para con la dignidad de sus profesiones. (El literal a), es declarado inexecutable por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-570-2004)	b) Respetar y hacer respetar todas las disposiciones legales y reglamentarias que incidan en actos de estas profesiones, así como denunciar todas sus transgresiones;	Cumplimiento de la normatividad y reglamentaciones vigentes
	c) Velar por el buen prestigio de estas profesiones;	Cumplimiento y respeto del buen nombre de la profesión
	d) Sus medios de propaganda deberán ajustarse a las reglas de la prudencia y al decoro profesional, sin hacer uso de medios de publicidad con avisos exagerados que den lugar a equívocos sobre su especialidad o idoneidad profesional.	
Artículo 36. Prohibiciones de los profesionales para con la dignidad de sus profesiones.	a) Recibir o conceder comisiones, participaciones u otros beneficios ilegales o injustificados con el objeto de gestionar, obtener o acordar designaciones de índole profesional o la encomienda de trabajo profesional.	Integridad y fortalecimiento de los valores de respeto y dignidad de la profesión

¹⁴ Extractado de <https://copnia.gov.co/nuestra-entidad/normatividad/ley-842-de-2003> recuperado el 07 de septiembre de 2018

Tabla 2-6: (continuación) ¹⁵

Deberes/Obligaciones	Descripción	Observaciones
Artículo 37. Deberes de los profesionales para con sus colegas y demás profesionales.	a) Abstenerse de emitir públicamente juicios adversos sobre la actuación de algún colega, señalando errores profesionales en que presuntamente haya incurrido, a no ser de que ello sea indispensable por razones ineludibles de interés general o, que se le haya dado anteriormente la posibilidad de reconocer y rectificar aquellas actuaciones y errores, haciendo dicho profesional caso omiso de ello;	Solidaridad y apoyo entre los colegas de las diferentes profesiones. Respeto por las opiniones y diversidad de conceptos fundamentados en hechos. Respeto de la autoría y el reconocimiento de las aptitudes de sus colegas
	b) Obrar con la mayor prudencia y diligencia cuando se emitan conceptos sobre las actuaciones de los demás profesionales;	
	c) Fijar para los colegas que actúen como colaboradores o empleados suyos, salarios, honorarios, retribuciones o compensaciones justas y adecuadas, acordes con la dignidad de las profesiones y la importancia de los servicios que prestan;	
	d) Respetar y reconocer la propiedad intelectual de los demás profesionales sobre sus diseños y proyectos.	
Artículo 38. Prohibiciones de los profesionales para con sus colegas y demás profesionales.	a) Utilizar sin autorización de sus legítimos autores y para su aplicación en trabajos profesionales propios, los estudios, cálculos, planos, diseños y software y demás documentación perteneciente a aquellos, salvo que la tarea profesional lo requiera, caso en el cual se deberá dar aviso al autor de tal utilización;	Respeto de la autoría y el reconocimiento de las aptitudes de sus colegas Respeto por las opiniones y diversidad de conceptos fundamentados en hechos. Respeto de la autoría y el reconocimiento de las aptitudes de sus colegas
	b) Difamar, denigrar o criticar injustamente a sus colegas, o contribuir en forma directa o indirecta a perjudicar su reputación o la de sus proyectos o negocios con motivo de su actuación profesional;	
	c) Usar métodos de competencia desleal con los colegas;	
	d) Designar o influir para que sean designados en cargos técnicos que deban ser desempeñados por los profesionales de que trata el presente Código, a personas carentes de los títulos y calidades que se exigen legalmente;	
	e) Proponer servicios con reducción de precios, luego de haber conocido las propuestas de otros profesionales;	
	f) Revisar trabajos de otro profesional sin conocimiento y aceptación previa del mismo, a menos que este se haya separado completamente de tal trabajo.	

¹⁵ Extractado de <https://copnia.gov.co/nuestra-entidad/normatividad/ley-842-de-2003> recuperado el 07 de septiembre de 2018

Tabla 2-6: (continuación) ¹⁶

Deberes/Obligaciones	Descripción	Observaciones
Artículo 39. Deberes de los profesionales para con sus clientes y el público en general.	a) Mantener el secreto y reserva, respecto de toda circunstancia relacionada con el cliente y con los trabajos que para él se realizan, salvo obligación legal de revelarla o requerimiento del Consejo Profesional respectivo;	Confidencialidad de la información y confianza en el desarrollo de su profesión frente al público en el cual la profesión puede impactar.
	b) Manejar con honestidad y pulcritud los fondos que el cliente le confiere con destino a desembolsos exigidos por los trabajos a su cargo y rendir cuentas claras, precisas y frecuentes. Todo ello independientemente y sin perjuicio de lo establecido en las leyes vigentes;	
	c) Dedicar toda su aptitud y atender con la mayor diligencia y probidad, los asuntos encargados por su cliente;	
	d) Los profesionales que dirijan el cumplimiento de contratos entre sus clientes y terceras personas, son ante todo asesores y guardianes de los intereses de sus clientes y en ningún caso, les es lícito actuar en perjuicio de aquellos terceros.	
Artículo 40. Prohibiciones de los profesionales para con sus clientes y el público en general.	a) Ofrecer la prestación de servicios cuyo objeto, por cualquier razón de orden técnico, jurídico, reglamentario, económico o social, sea de dudoso o imposible cumplimiento, o los que por circunstancias de idoneidad personal, no pudiese satisfacer;	
	b) Aceptar para su beneficio o el de terceros, comisiones, descuentos, bonificaciones u otras análogas ofrecidas por proveedores de equipos, insumos, materiales, artefactos o estructuras, por contratistas y/o por otras personas directamente interesadas en la ejecución de los trabajos que proyecten o dirijan, salvo autorización legal o contractual.	
Artículo 41. Deberes de los profesionales que se desempeñen en calidad de servidores públicos y privados. (El literal b), es declarado inexecutable por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-570-2004)	a) Actuar de manera imparcial, cuando por las funciones de su cargo público o privado, sean responsables de fijar, preparar o evaluar pliegos de condiciones de licitaciones o concursos;	Aplicación del principio de imparcialidad, honestidad y ética en el desarrollo de labores propias de la profesión, de la evaluación de otros colegas, del principio de celeridad y solidaridad en el desarrollo de actividades profesionales.

¹⁶ Extractado de <https://copnia.gov.co/nuestra-entidad/normatividad/ley-842-de-2003> recuperado el 07 de septiembre de 2018

Tabla 2-6: (continuación) ¹⁷

Deberes/Obligaciones	Descripción	Observaciones
Artículo 42. Prohibiciones de los profesionales que se desempeñen en calidad de servidores públicos y privados. (Los literales b), c) es declarado inexecutable por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-570-2004)	a) Participar en el proceso de evaluación de tareas profesionales de colegas, con quienes se tuviese vinculación de parentesco, hasta el grado fijado por las normas de contratación pública, o vinculación societaria de hecho o de derecho. La violación de esta norma se imputará también al profesional que acepte tal evaluación;	Aplicación del principio de imparcialidad, honestidad y ética en el desarrollo de labores propias de la profesión, de la evaluación de otros colegas, del principio de celeridad y solidaridad en el desarrollo de actividades profesionales.
Artículo 43. Deberes de los profesionales en concursos o licitaciones (El literal b), es declarado inexecutable por la Corte Constitucional mediante Sentencia C-570-2004)	a) Los profesionales que se dispongan a participar en un concurso o licitación por invitación pública o privada y consideren que las bases pudieren transgredir las normas de la ética profesional, deberán denunciar ante el Consejo Profesional respectivo la existencia de dicha transgresión;	
Artículo 44. Prohibiciones de los profesionales en concursos o licitaciones.	a) Los profesionales que hayan actuado como asesores de la parte contratante en un concurso o licitación deberán abstenerse de intervenir directa o indirectamente en las tareas profesionales requeridas para el desarrollo del trabajo que dio lugar al mismo, salvo que su intervención estuviese establecida en las bases del concurso o licitación.	

Los deberes y obligaciones del profesional de ingeniería descritas anteriormente en la Ley 842 de 2003, se toman elementos dentro de la recolección de información para la construcción del conjunto de características dentro del conjunto de elección (Barba-Romero & Pomerol, 1997).

En efecto, se han analizado los diferentes perfiles, descriptores, deberes y normas de conducta que un profesional de ingeniería debe cumplir, conocer y acatar, dentro de un contexto profesional-sociológico. Otro escenario importante a tener en cuenta es el enmarcado por las organizaciones certificadoras profesionales internacionales que desarrollan su actividad dentro del contexto institucional-normativo y retomando a Evetts (2012), se operacionaliza la teoría del profesionalismo en el ámbito de la profesionalización, en el contexto institucional-normativo.

¹⁷ Extractado de <https://copnia.gov.co/nuestra-entidad/normatividad/ley-842-de-2003> recuperado el 07 de septiembre de 2018

2.2.4 Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales

Las organizaciones certificadoras profesionales internacionales, son entidades encargadas de examinar y evaluar a los profesionales de ingeniería en cuanto a las competencias y la experiencia profesionales. Son organismos independientes que conforman un consorcio junto con las entidades reguladoras, lo cual pretende tomar los lineamientos normativos y reglamentarios de un consorcio en un país determinado, incluye requisitos que aseguran la exigencia de aptitudes y conocimientos específicos para cada profesión de ingeniería y realiza la verificación y evaluación por medio de exámenes de rigor.

En Estados Unidos la entidad National Council of Examiners of Engineering and Surveying NCEES realiza el proceso de inspección, evaluación y vigilancia por medio del licenciamiento y certificación de ingenieros. En Europa, la entidad European Federation of National Engineering Associations (FEANI) realiza ese proceso manteniendo la independencia e idoneidad frente a los diferentes organismos gubernamentales. A continuación, se describen los lineamientos a cumplir para la certificación y licenciamiento de profesionales de ingeniería en Estados Unidos y Europa.

- **Lineamientos National Council of Examiners of Engineering and Surveying NCEES**

El Consejo Nacional de Examinadores y Evaluadores de Ingeniería en Estados Unidos contempla el licenciamiento de ingenieros teniendo en cuenta el impacto de la actividad que realiza el profesional.

El licenciamiento de ingenieros es un proceso aplicado para aquellos profesionales que al ejercer su actividad puede generar impacto a la sociedad, ambiente y los bienes conexos. Su misión es proteger al público por medio del reforzamiento de estándares que restringen la práctica de la ingeniería sólo a aquellos profesionales que cumplan con los requisitos en calidad en educación, experiencia de trabajo, y exámenes de cualificación.

En Estados Unidos las licencias para los profesionales e inspectores profesionales están reguladas por cada uno de los Estados. Los candidatos que están interesados en

licenciarse deben revisar los requisitos establecidos por cada estado, donde el profesional realizará su actividad profesional.

La Licencia Profesional es exigida para las siguientes actividades principalmente:

- Firmar y sellar diseños de ingeniería
- Realizar contratos o compras con el Estado
- Ser el Gerente de una forma que esté establecida en el Estado
- Desempeñar servicios de consultoría
- Ofrecer servicios de ingeniería al público

Los pasos indicados por NCESS para adquirir la licencia de Professional Engineer se enuncian a continuación (NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors, 2015), (NSPE National Society of Professional Engineers, 2016)

- Tener un grado de ingeniería de un programa acreditado por ABET
- Aprobar el examen de Fundamentos de Ingeniería /Fundamentals Engineering)
- Tener una experiencia en el trabajo de ingeniería aceptable (generalmente mínimo 4 años de experiencia certificada por un Profesional de Ingeniería Licenciado (Professional Engineering))
- Aprobar el examen de Profesional en Ingeniería específico de la disciplina

En caso de que el grado de ingeniería no sea acreditado por ABET, debe garantizar una suficiencia en las siguientes áreas de conocimiento:

- 32 horas crédito en matemáticas superiores y ciencias básicas

Los créditos en matemáticas deben estar más allá de álgebra y trigonometría y deben hacer hincapié en los conceptos matemáticos y principios en vez de computación. Se requieren cursos en cálculo y las ecuaciones diferenciales. Cursos adicionales pueden incluir álgebra lineal, análisis numérico, probabilidad y estadística, y cálculo avanzado

Los créditos en ciencias básicas deben incluir cursos de la química y la física en general a base de cálculo con un mínimo de una secuencia de dos semestres (o su equivalente) en uno o el otro. Otros cursos de ciencias básicas pueden incluir ciencias de la vida (biología), ciencias de la tierra (geología, ecología), y la química avanzada o la física. Conocimientos de informática y / o cursos de programación no pueden ser utilizados para satisfacer las matemáticas o los requisitos básicos de la ciencia (NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors, 2015).

Cursos de ciencias de ingeniería básica o secuencia de cursos en esta área son aceptables para el crédito, pero no pueden ser contados dos veces.

- 16 horas crédito en el componente general educativo que complementen el contenido técnico del currículo.

Los ejemplos de los cursos tradicionales en esta área son la filosofía, la religión, la historia, la literatura, las bellas artes, la sociología, la psicología, la ciencia política, la antropología, la economía, la ética profesional y la responsabilidad social. No más de 6 horas de crédito de otros idiomas aparte del inglés, o que no sean la lengua materna del solicitante son aceptable para el crédito. Cursos de idiomas extranjeros en la literatura y la civilización inglesa y pueden ser considerados en esta área. Cursos que inculcan los valores culturales son aceptables, mientras que los ejercicios de rutina y manualidades no lo son.

- 48 horas crédito en el componente de ciencias de la ingeniería y diseño de ingeniería

Los cursos deben ser enseñados en la universidad / facultad de ingeniería y tendrán sus raíces en las matemáticas y las ciencias básicas, y llevar el conocimiento más hacia la aplicación creativa de los principios de ingeniería.

Ejemplos de cursos de ciencias de ingeniería aprobados son la mecánica, termodinámica, transferencia de calor, circuitos eléctricos y electrónicos, la ciencia de materiales, fenómenos de transporte, y la informática (que no sean habilidades de programación informática). Cursos de diseño de ingeniería subrayan el establecimiento de objetivos y criterios, síntesis, análisis, construcción, pruebas y evaluación. Cursos de ingeniería a nivel de posgrado se pueden incluir para cumplir con los requisitos del plan de estudios en esta área. Cursos de tecnología de ingeniería no pueden ser considerados para cumplir los requisitos de temas de ingeniería (NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors, 2015).

- **Lineamientos European Federation of National Engineering Associations (FEANI)**

La Federación Europea de las Asociaciones Nacionales de Ingeniería contemplan la certificación de ingenieros dentro del programa EUR-ING Title, establecido para la libre

movilidad de los profesionales de ingeniería que tengan dicha certificación para desarrollar sus actividades profesionales en los países miembros de la Federación.

Con base en el documento FEANI Guide («Guide to the FEANI Register 2013.pdf», s. f.)¹⁸ se establecen seis atributos que deben cumplir los profesionales de ingeniería:

Ingenieros conscientes de sus responsabilidades profesionales deben esforzarse por lograr la competencia en 6 categorías. Estos son:

- Conocimiento y comprensión

Un conocimiento profundo de los principios de la ingeniería, con base en las matemáticas y una combinación de temas científicos propios de su disciplina

- Análisis de Ingeniería

Capacidad para aplicar los métodos teóricos y prácticos adecuados para el análisis y solución de problemas de ingeniería.

- Investigaciones

La conciencia del cambio técnico continuo y el fomento de una actitud de buscar la innovación y la creatividad dentro de la profesión de ingeniero.

- Diseño de Ingeniería

El conocimiento del uso de las tecnologías existentes y emergentes pertinentes a su campo de especialización. El conocimiento de las normas y regulaciones propias de su campo de especialización.

- Práctica de Ingeniería

El conocimiento general de la buena práctica de la ingeniería, en su campo de la ingeniería y de las propiedades, el comportamiento, la fabricación y uso de materiales, componentes y software.

- Habilidades Transferibles

La comprensión de la profesión de la ingeniería y la obligación de servir a la sociedad, la profesión y el medio ambiente, a través del compromiso de aplicar el código apropiado de conducta profesional.

Una habilidad en la ingeniería económica, garantía de calidad, facilidad de mantenimiento (mantenibilidad), y el uso de información técnica y estadística.

La capacidad de trabajar con otros en proyectos multidisciplinarios.

¹⁸ Extractado y revisado de
https://www.feani.org/sites/default/files/Guide_to_the_Register_FINAL_approved_GA_2013.pdf

La capacidad de ofrecer un liderazgo que abarca consideraciones de gestión, técnicos, financieros y humanos.

Habilidades de comunicación y con la obligación de mantener la competencia de un desarrollo profesional continuo (DPC).

El dominio de los idiomas europeos, que faciliten la comunicación cuando se trabaja en toda Europa.

Los lineamientos presentados por las organizaciones certificadoras internacionales, junto con el análisis de los perfiles de competencias profesionales, descriptores y normatividad que los profesionales de ingeniería deben conocer, cumplir y aplicar, son los insumos fundamentales para la construcción del conjunto de características en lo relacionado con el análisis de decisiones multicriterio,

A continuación, se efectúa la revisión del concepto de análisis de decisiones bajo la metodología de análisis multicriterio.

2.3 El concepto de análisis de decisiones multicriterio: Criterios, atributos y alternativas

2.3.1 Criterios, atributos y alternativas: Conceptos y particularidades.

Con el fin de entender la relación entre los criterios y alternativas, así como la relación entre los atributos, criterios y alternativas, a continuación, se retoman los conceptos de Barba-Romero & Pomerol, (1997).

- **Decisor:** Es el individuo o el conjunto de personas que están enfrentadas a la toma de decisiones, también puede entenderse como los sujetos encargados de analizar una decisión. Por ejemplo, la persona (investigador del proyecto) o grupo de expertos que analizan las diferentes alternativas y los criterios para tomar la decisión.
- **Analista:** Es el individuo que realiza el modelamiento de la situación objeto de estudio, efectúa las observaciones y recomendaciones relacionadas con los resultados presentados en el análisis. Por ejemplo, la persona (investigador del proyecto) que realiza los respectivos cálculos, y análisis de características por medio de una metodología establecida previamente.

- **Alternativas:** Son las diferentes posibilidades de elección que tiene el decisor para satisfacer la decisión, las cuales son comparables entre sí, porque presentan características propias para el análisis. Ejemplos de alternativas se describieron detalladamente en este capítulo, en los numerales: 2.2.1 Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington); 2.2.2. Consorcio Bologna Process/European Higher Education Area; 2.2.3. Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia; 2.2.4. Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales.
- **Atributos:** Son aquellas características que describen a las alternativas. Describen los rasgos diferenciadores de las alternativas. Para el caso de la alternativa del Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington), los perfiles de conocimiento de ingeniería, los perfiles característicos del graduado en ingeniería y los perfiles de competencias del profesional en ingeniería son ejemplos de atributos de esa alternativa, descritos en las tablas 2-1 a la tabla 2-3, de este capítulo. La alternativa del Consorcio Bologna Process/European Higher Education Area, los Descriptores de Dublín, son los atributos que describen esta alternativa, mientras que, para la alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia, los atributos son descritos en los deberes y obligaciones del profesional de ingeniería en Colombia según el código de ética profesional (Ley 842 de 2003). Por último, para la alternativa de las Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales, los atributos están descritos en los lineamientos de National Council of Examiners of Engineering and Surveying NCEES y los lineamientos de European Federation of National Engineering Associations (FEANI), respectivamente.
- **Criterios:** Son las preferencias de un decisor incluidas en un atributo. Es la información que el decisor debe aportar en relación con los atributos de las alternativas. A partir de los referentes teóricos analizados y los atributos que describen las alternativas, se puede observar que existen aspectos comunes que, al ser considerados por el decisor, se establecen preferencias que convierten esos atributos en criterios tales como el cumplimiento de normas y regulaciones, ética profesional, Calidad de la profesión, habilidades de comunicación, habilidades y manejo del lenguaje, multiculturalismo, ingeniería integrada a la sociedad, conocimiento de los aspectos básicos y avanzados de ingeniería, práctica de la

ingeniería, liderazgo y gestión. Estos análisis se detallan en las tablas 2-7 y 2-8 en este capítulo.

- **Conjunto de elección:** Es el conjunto de alternativas comparables que el decisor tiene a disposición para su elección. Por ejemplo, el conjunto de alternativas expuestas en éste capítulo, del numeral 2.2.1 en adelante (Consortio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington); Consortio Bologna Process/European Higher Education Area; Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia; Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales). Estas alternativas presentan características diferentes, excluyentes y exhaustivas. Con el fin de mantener estas características en las alternativas, el decisor sólo podrá escoger una solución que no dependa de otra y que esté dentro del conjunto de alternativas.
- **Matriz de decisión:** Es la interrelación entre las cualidades de las alternativas y las características de los atributos, cuyo resultado es la evaluación entre las alternativas y los criterios.

Figura 2-1: Matriz de decisión

		Criterios			
		C ₁	C ₂	...	C _j
Alternativas	A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1j}
	A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2j}

	A _i	a _{i1}	a _{i2}	...	a _{ij}

Fuente: El autor, a partir de Barba-Romero & Pomerol, (1997)

En la Figura 2-1 se muestra una matriz de decisión, las filas representan las alternativas (A_i) y las columnas los criterios considerados (C_j). Las evaluaciones realizadas por el decisor (a_{ij}) están representadas en la matriz como las interacciones entre las alternativas A_i y los criterios C_j

Por ejemplo, la interrelación entre las alternativas (Consortio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington); Consortio Bologna Process/European Higher Education Area; Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia; Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales) y los criterios por ejemplo, la competencia

profesional, las habilidades profesionales, el impacto de la implementación y los subcriterios relacionados con éstos.

- **Meta:** El Diccionario de la Real Academia Española (2017), la define como el fin hacia donde se dirigen las acciones. Presenta una relación muy fuerte con los objetivos, teniendo en cuenta que la meta indica hacia donde se quiere llegar, mientras que el objetivo establece cómo se dirigirán las acciones para el cumplimiento de la meta. Por ejemplo, para el caso de éste proyecto, la meta está enfocada como “Establecer el modelo más apropiado de certificación para los profesionales de ingeniería en Colombia” (Vasquez-Bernal, O. A; Cortés-Aldana, 2015).
- **Objetivos:** Según Bond, Carlson, & Keeney (2010), los definen como los propósitos que especifican lo que se espera lograr, por lo tanto, el conocimiento de los objetivos es esencial para una toma de decisiones acertada, y esta noción es ampliamente aceptada por los investigadores y profesionales de la ciencia de la decisión. Por ejemplo, para el caso de éste proyecto, comprender y aplicar los conocimientos en ingeniería, analizar los problemas de ingeniería, gestionar proyectos de ingeniería, son algunos de los objetivos que enfocan el cumplimiento de la meta.

2.3.2 Análisis de decisiones multicriterio

Con el fin de enmarcar el concepto del análisis de decisiones multicriterio, se tomó un ejemplo de Barba-Romero & Pomerol, (1997) que sirvió como ilustración.

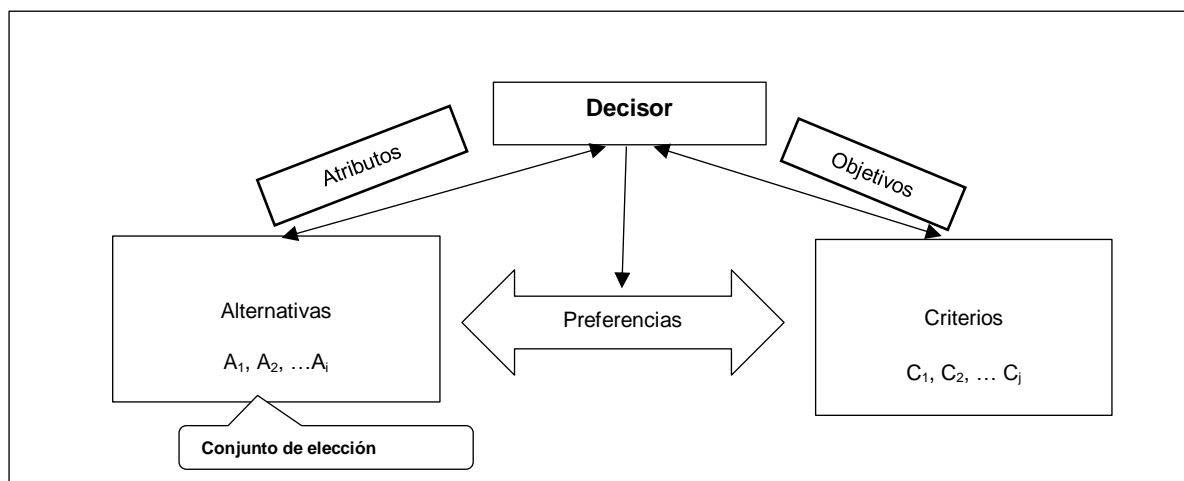
“Supongamos que una empresa tiene p proyectos de inversión P_1, P_2, \dots, P_p y que quiere escoger entre ellos aquel que efectivamente llevará a cabo. Entre sus elementos de decisión estará la rentabilidad prevista, pero contemplará asimismo la magnitud de la inversión, su interés en términos estratégicos y/o de imagen, y tal vez también se verá obligada a considerar el impacto social o el impacto sobre el medio ambiente de los proyectos estudiados” (Barba-Romero & Pomerol, 1997, pág. 5).

Con este ejemplo se puede observar que, para satisfacer la meta y objetivo de la escogencia del proyecto más adecuado para los propósitos de inversión, se tienen en cuenta los elementos de decisión, los cuales el decisor presenta unas preferencias para que éstos elementos se conviertan en los a considerar para determinar el proyecto más adecuado, frente a las alternativas de solución. Por otra parte, se observa que los criterios

de decisión entran en conflicto, teniendo en cuenta que para algunos inversores es más importante la rentabilidad que el impacto social, o el interés estratégico frente a la magnitud de la inversión. La toma de decisiones en este tipo de proyectos y situaciones que generan conflicto es muy difícil de solucionar por una sola persona y requiere tener en cuenta las voces de otras partes interesadas que impactarán en la decisión.

El análisis de decisión multicriterio es una técnica que tiene en cuenta los criterios que entran en conflicto y compara con las alternativas de solución para enfocarla claramente hacia unos objetivos y una meta, con el fin que el decisor tenga la disponibilidad de escoger entre varias posibilidades denominadas alternativas, el conjunto de las cuales constituye el llamado conjunto de elección. Para escoger dentro de ese conjunto de elección, el decisor tiene diversos puntos de vista denominados criterios. (Barba-Romero & Pomerol, 1997, pág. 6)

Figura 2-2: Relación entre las alternativas, criterios, objetivos y el decisor como actor fundamental en la toma de decisiones (Fuente: El autor, con base en Barba-Romero & Pomerol, (1997))



El decisor debe tomar una decisión frente a un conjunto finito de alternativas comparables que están en un conjunto de elección, las características (cuantitativas y cualitativas) que describen esas alternativas se denominan atributos y cuando estos atributos se definen las preferencias del decisor, los atributos se convierten en criterios. Por lo tanto, un criterio expresa con mayor o menor precisión las preferencias del decisor respecto a un cierto atributo. (Barba-Romero & Pomerol, 1997, págs. 26-27)

En la Figura 2-2, se muestra cuando el decisor interactúa con los criterios está enfocado en los objetivos a alcanzar con la toma de decisiones; por tal motivo, se presenta una estrecha relación entre las alternativas, los criterios y los objetivos a alcanzar y que es de responsabilidad para el individuo (o conjunto de individuos) que toma la decisión más apropiada.

2.3.3 Análisis de decisiones multicriterio: Toma de decisiones en grupo

En el proceso de toma de decisiones, se presentan situaciones de incertidumbre, donde un decisor o un grupo de personas debe tomar una sola decisión y se generan situaciones en conflicto. Barba-Romero & Pomerol, (1997) describe como un decisor se enmarca en el proceso de toma de decisiones e interactúa con una serie de alternativas y criterios, donde el decisor le agrega sus juicios de valor (preferencias) para escoger la decisión más adecuada. No obstante, en otras ocasiones, se presenta la discusión de varios decisores dentro de un grupo, que requiere determinar una sola decisión desde un conjunto de elección de alternativas. Para este caso, es necesario establecer un consenso entre los diferentes decisores que se aproximen a la decisión mas apropiada.

Cortés-Aldana, (2006) realiza un análisis acerca de las decisiones en grupo con AHP (Analytical Hierarchy Process), donde indica que la flexibilidad del AHP ha permitido la toma de decisiones en grupo; cita a Moreno-Jiménez, *et al* (2002) que distingue los tres tipos de situaciones en que los individuos en un grupo de decisión pueden verse enfrentados: la decisión en que todos los individuos buscan un objetivo en común; la decisión en que cada individuo establece su concepto y al final establecen un proceso de negociación en aquellas discordancias entre decisiones y se analizan para llegar a un consenso y una decisión sistemática donde cada individuo decide individualmente y mediante un principio de tolerancia se busca integrar todas las posiciones (Cortés-Aldana,2006).

Para el análisis de toma de decisiones en grupo, Altuzarra, A., Moreno-Jiménez, J. M., & Salvador, M. (2010) establece un proceso de consenso mediante un enfoque bayesiano; Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M. (2003), establece un procedimiento mediante el consenso a través de la media geométrica de fila (Row Geometric Mean Method).

Cortés-Aldana, (2006) cita a Ramanatham & Ganesh (1994); Forman & Peniwati, (1998) donde indican una agregación de juicios individuales mediante la construcción de una matriz con los juicios individuales por medio del consenso, por votación o por procedimientos estadísticos como la media geométrica ponderada (Weighted Geometric Mean)

Se puede presentar el caso de que algunos decisores no estén de acuerdo con la solución propuesta. Para este caso es importante identificar las opiniones que presentan mayor divergencia para establecer un acuerdo en un proceso de decisión democrático (Cortés-Aldana, 2006).

2.3.4 Análisis de decisiones multicriterio como herramienta para estructurar el enfoque de la certificación y movilidad profesional

En concordancia con los conceptos presentados anteriormente y tomando como base la revisión de teorías de institucionalismo, profesionalismo y los conceptos de acreditación, certificación y licencia, se han generado aspectos que se pueden considerar como criterios, atributos y alternativas para la certificación y movilidad profesional. Estos elementos son fundamentales para el análisis de decisiones multicriterio.

Tabla 2.7: Criterios como resultado del análisis de los contextos Profesional-Sociológico e Institucional-Normativo¹⁹

Contexto	Autores que respaldan el contexto	Aspectos que influyen en los contextos	Criterios resultado del análisis de los contextos
Profesional-Sociológico	Cheim, Williams, & Hinings, (2007); Evetts, (2012); Evans, (2008); Freidson, (2001); Freidson, (1994)	Influencia del poder de la profesión. Control a través de la profesionalización en el marco del profesionalismo	Adaptabilidad a nuevas condiciones del entorno Adopción de nuevas reglas para escenarios cambiantes Aprendizaje continuo e lo largo del desarrollo de la profesión.
Institucional Normativo	Greenwood, Suddaby, & Hinings, (2002); Smets, Morris, & Greenwood, (2012)	La transformación organizacional impacta en el campo profesional. Cambio en el rol profesional hacia la especialización	Adaptación al cambio Innovación en el desarrollo de la profesión Nuevas experiencias y responsabilidades Liderazgo

¹⁹ Fuente El autor, con base en los análisis de los referentes teóricos de Cheim, Williams, & Hinings, (2007); Evetts, (2012); Evans, (2008); Freidson, (2001); Freidson, (1994); Greenwood, Suddaby, & Hinings, (2002); Smets, Morris, & Greenwood, (2012)

En la Tabla 2.7, se resume e ilustra el análisis de los contextos que se pueden tener en cuenta como grupos de criterios a la hora de seleccionar un modelo de certificación de profesionales en un país determinado. La investigación puede proponer una jerarquía de control con base en una metodología de análisis multicriterio, basada en los contextos profesional-sociológico e institucional-normativo (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015). Los aspectos que se convierten en diferentes criterios a considerar desde el punto de vista profesional-sociológico, institucional-normativo y los aspectos de acreditación, certificación y licencia, requieren desarrollar metodologías que estén soportadas en técnicas que ayuden a la toma de decisiones. En la Tabla 2.8., sintetiza el análisis y la concepción de criterios a través de los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional y globalización de la ingeniería (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

Tabla 2.8: Criterios como resultado del análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional y globalización de la ingeniería.²⁰

Concepto	Autores que respaldan el concepto	Aspectos que influyen en los conceptos	Criterios resultado del análisis de los conceptos
Acreditación, certificación y licencia profesional	(Jang & Yu, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> Control en la práctica: Licencia Control en el título: Certificación Control del programa en la institución: Acreditación 	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de normas y regulaciones Ética profesional Calidad de la profesión
Globalización de la ingeniería	(Kasuba, Vohra, & Vohra, 2006)	Enfoque de los países en la construcción de un currículo globalizado de ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> Habilidades de comunicación. Habilidades y manejo del lenguaje Multiculturalismo. Ingeniería integrada a la sociedad (diseño de ingeniería, aplicación de la ingeniería). Manejo de lenguas extranjeras. Análisis y solución de casos de estudio en contextos multiculturales. Emprendimiento global.

²⁰ Fuente El Autor a partir del análisis de los referentes teóricos Jang & Yu, (2008); Kasuba, Vohra, & Vohra, (2006); Patil A., (2004); (Kasuba & Vohra (2004); Patil & Pudlowsky (2005); Pokholkov & Chuchalin (2004); Kelly (2007)

Tabla 2.8: (continuación)²¹

Concepto	Autores que respaldan el concepto	Aspectos que influyen en los conceptos	Criterios resultado del análisis de los conceptos
Aplicación de un modelo de acreditación para el aseguramiento de la calidad de la educación en ingeniería	(Patil A. , 2004)	<p>Análisis del ciclo de tres fases de la educación en ingeniería:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación efectiva de los procesos de ingreso 2. Evaluación efectiva de los procesos educativos 3. Evaluación efectiva de los procesos de aprendizaje 	<p>Conocimiento de los aspectos básicos de ingeniería.</p> <p>Conocimiento de los aspectos avanzados de ingeniería.</p> <p>Habilidades en lo social y en el lugar de trabajo.</p> <p>Habilidades profesionales.</p> <p>Práctica de la ingeniería.</p> <p>Liderazgo y gestión.</p> <p>Habilidades de comunicación y negociación.</p> <p>Habilidades personales tales como el trabajo en equipo y las actitudes de auto-estudio.</p>
Movilidad internacional y licencia de los profesionales de ingeniería	(Kasuba & Vohra (2004)	<p>Reconocimiento internacional de la profesión de ingeniería.</p> <p>Licencia profesional para asegurar la calidad, experiencia profesional y confianza en los servicios de ingeniería.</p>	<p>Prueba de la competencia profesional.</p> <p>Evidencia de altos logros profesionales.</p> <p>Calidad en el trabajo profesional de ingeniería, cumpliendo con los aspectos ambientales y de seguridad.</p> <p>Alta competencia profesional.</p> <p>Aprendizaje continuo y la actitud en la búsqueda de la innovación y creatividad en la profesión.</p>

²¹ Fuente El Autor a partir del análisis de los referentes teóricos Jang & Yu, (2008); Kasuba, Vohra, & Vohra, (2006); Patil A., (2004); (Kasuba & Vohra (2004); Patil & Pudlowsky (2005); Pokholkov & Chuchalin (2004); Kelly (2007)

Tabla 2.8: (continuación)²²

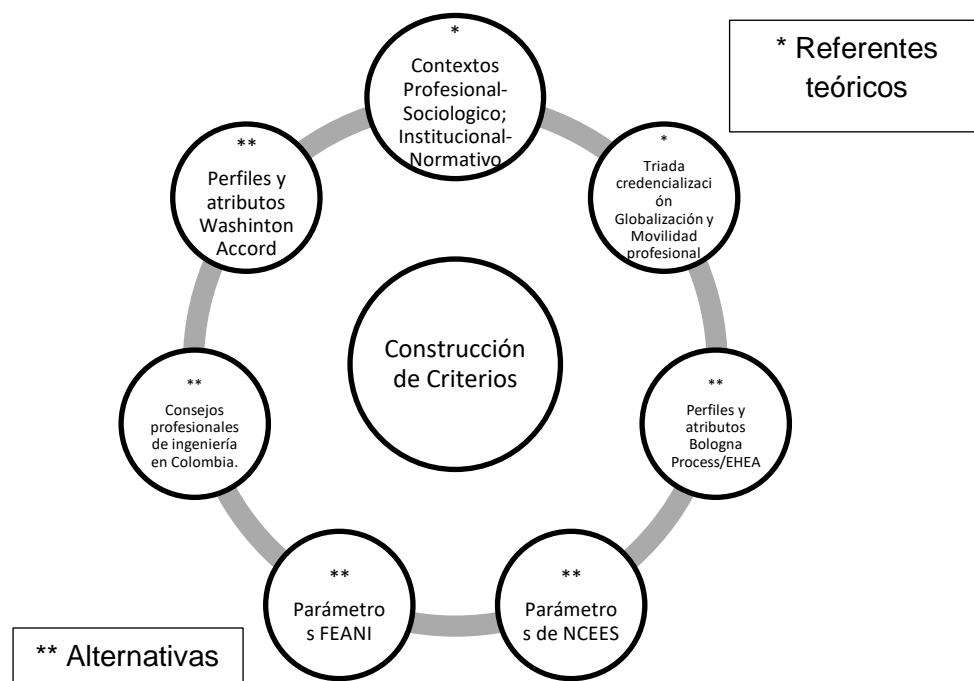
Concepto	Autores que respaldan el concepto	Aspectos que influyen en los conceptos	Criterios resultado del análisis de los conceptos
Aspectos importantes para el aseguramiento de calidad en la educación en ingeniería para el desarrollo de un marco de acreditación de los cursos de ingeniería.	Patil & Pudlowsky (2005)	Identificación de los aspectos importantes de acreditación y aseguramiento de calidad de la educación en ingeniería a nivel mundial. Muestran algunos resultados del diseño y desarrollo de un modelo de acreditación de la educación en ingeniería	Práctica de la ingeniería. Liderazgo y gestión. Habilidades de comunicación y negociación. Ética profesional Calidad de la profesión Aprendizaje continuo y actualización en su profesión Innovación y creatividad en el desarrollo de su profesión
Internacionalización de la educación en ingeniería por medio de convenios y la creación del Centro de Educación en ingeniería en Asia Central	Pokholkov & Chuchalin (2004)	Desarrollo de sinergias entre universidades para la internacionalización de la educación en ingeniería.	Liderazgo. Desarrollo de trabajo en equipo. Planeación de proyectos. Multiculturalismo. Cooperación internacional.
Revisión de las actividades de certificación de la profesional de Ingeniería Civil y la licencia de la práctica de la ingeniería civil	Kelly (2007)	Análisis de los aspectos de certificación del profesional en ingeniería civil, la certificación de programas de ingeniería, la educación continua, certificación de personal bajo ISO/IEC 17024	Competencia profesional. Solución de problemas de la ingeniería. Educación continua a lo largo de la vida profesional. Aprendizaje continuo y actualización en su profesión Innovación y creatividad en el desarrollo de su profesión

La revisión de los enfoques presentados en los consorcios, entidades certificadoras internacionales y las directrices de los consejos profesionales de ingeniería, junto con las investigaciones analizadas en los artículos germinales tomados como referentes teóricos

²² Fuente El Autor a partir del análisis de los referentes teóricos Jang & Yu, (2008); Kasuba, Vohra, & Vohra, (2006); Patil A., (2004); (Kasuba & Vohra (2004); Patil & Pudlowsky (2005); Pokholkov & Chuchalin (2004); Kelly (2007)

relacionados con la globalización de la profesión en ingeniería, la movilidad internacional y licenciamiento de los profesionales de ingeniería, se construyen los parámetros de criterios y alternativas para lo cual se propone una metodología para adoptar y adaptar los requisitos de los diferentes modelos de certificación y acreditación que son considerados como alternativas y convertirlos en un conjunto de elección de criterios. En la Figura 2-2 se explica la relación de los diferentes elementos a considerar para la construcción de criterios y determinación de alternativas.

Figura 2-3: Relación de referentes teóricos y las alternativas para la construcción de criterios²³



En este capítulo se puede concluir que los diferentes aspectos teóricos analizados en los artículos germinales relacionados con la globalización de la profesión en ingeniería, la movilidad internacional y licenciamiento de los profesionales de ingeniería, son aspectos

²³ Fuente El Autor a partir de los referentes teóricos Jang & Yu, (2008); Kasuba, Vohra, & Vohra, (2006); Patil A., (2004); (Kasuba & Vohra (2004); Patil & Pudlowsky (2005); Pokholkov & Chuchalin (2004); Kelly (2007); European Consortium for Accreditation (18 de Octubre de 2016); European Higher Education Area-Bologna Process. (2009); International Engineering Alliance IEA. (02 de Octubre de 2016); International Engineering Alliance. (03 de Octubre de 2016); NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors. (01 de Abril de 2015).

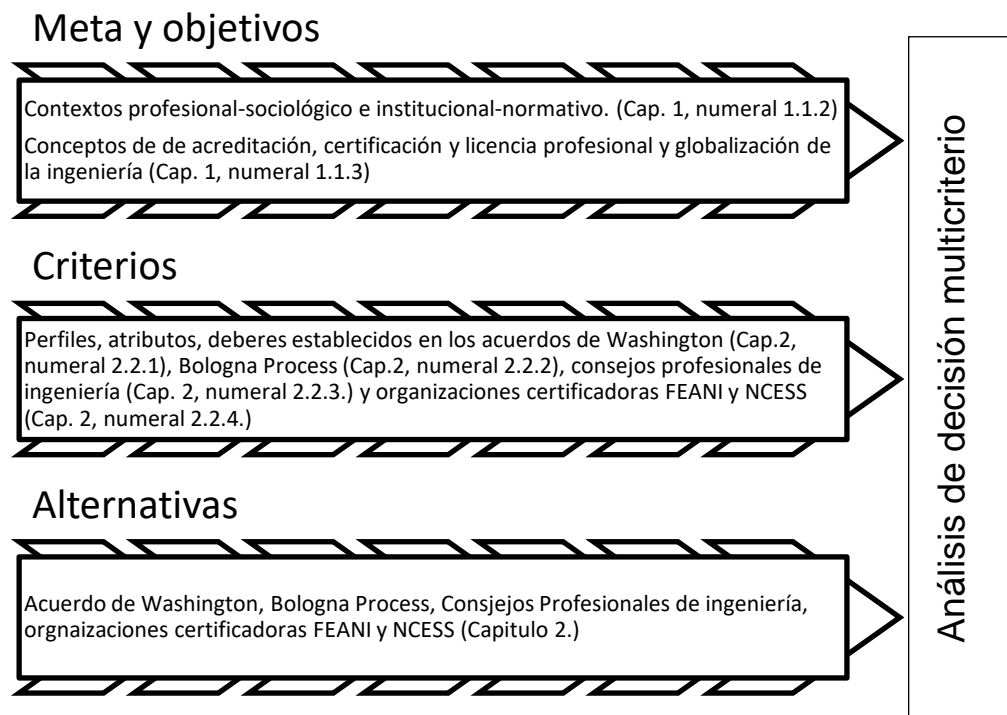
fundamentales para la construcción de criterios; por otra parte, los atributos, perfiles, descriptores relacionados por los consorcios del Acuerdo de Washington, Bologna Process, la reglamentación y normatividad enfocada como derechos y deberes del profesional de ingeniería indicado en la Ley 842 de 2003 aplicado por los consejos profesionales de ingeniería y los lineamientos de las organizaciones certificadoras internacionales, conforman un grupo de alternativas que presentan ciertos atributos en común y se complementan entre sí para la construcción de criterios, dentro de un conjunto de elección. La Figura 2.1., ejemplifica claramente la relación entre los referentes teóricos y las alternativas descritas anteriormente que confluyen en la construcción de criterios. Retomando a (Barba-Romero & Pomerol, 1997) cuando los atributos se incluyen las preferencias del decisor, estos atributos se convierten en criterios dentro de un conjunto de alternativas.

Al relacionar los elementos analizados anteriormente, se construye la estructura teórica fundamental del análisis de decisión multicriterio. Los criterios y alternativas están relacionadas y confluyen para el cumplimiento de una meta y un objetivo.

Los referentes teóricos analizados e indicados en la figura 2-3 y detallados en las tablas 2-7 y 2-8 respectivamente, generan elementos comunes que se pueden enfocar como meta y objetivos. En los contextos profesional-sociológico y profesional-normativo (Tabla 2-7), los aspectos de adaptabilidad a las nuevas condiciones del entorno, adopción de nuevas reglas para escenarios cambiantes, la adaptación al cambio, innovación y liderazgo son insumos importantes a tener en cuenta para enfocar la meta y objetivos.

Análogamente, el análisis de los conceptos de acreditación, certificación y licencia profesional y globalización de la ingeniería (Tabla 2-8), generan los siguientes elementos a considerar para el enfoque de la meta y objetivos: Cumplimiento de normas y regulaciones, ética profesional, habilidades de comunicación y manejo adecuado del lenguaje, multiculturalismo, ingeniería aplicada a la sociedad, análisis y solución de casos en diferentes contextos multiculturales, conocimientos de aspectos básicos y avanzados de ingeniería, trabajo en equipo, liderazgo y gestión, aprendizaje continuo y actualización en su profesión, innovación y creatividad en el desarrollo de su profesión.

Figura 2-4: Relación entre meta, objetivos, criterios y alternativas, con base en los referentes teóricos y alternativas, para la estructuración del análisis de decisión multicriterio.²⁴



En la figura 2-4 se detalla la relación entre los referentes teóricos y alternativas para la estructuración de la meta, objetivos, criterios y alternativas en la estructuración del análisis de decisión multicriterio. Estos aspectos ayudan a la estructuración de la metodología el marco teórico del enfoque basado en metas y la aplicación del método PROACT y construir la metodología de análisis multicriterio, que se profundizará en el siguiente capítulo.

²⁴ Fuente El Autor a partir de los referentes teóricos Jang & Yu, (2008); Kasuba, Vohra, & Vohra, (2006); Patil A., (2004); (Kasuba & Vohra (2004); Patil & Pudlowsky (2005); Pokholkov & Chuchalin (2004); Kelly (2007); European Consortium for Accreditation (18 de Octubre de 2016); European Higher Education Area-Bologna Process. (2009); International Engineering Alliance IEA. (02 de Octubre de 2016); International Enginnering Alliance. (03 de Octubre de 2016); NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors. (01 de Abril de 2015); Barba-Romero & Pomerol, (1997)

3.Propuesta metodológica

Este capítulo inicia con la descripción y desarrollo de la metodología utilizada para la organización, análisis de criterios y alternativas para la certificación profesional de ingeniería. Se retoman los elementos analizados en el capítulo anterior de los enfoques presentados por los consorcios, entidades certificadoras internacionales y las directrices de los consejos profesionales de ingeniería, junto con las investigaciones analizadas en los artículos germinales para la construcción de los parámetros de criterios y alternativas. Por tal motivo, se realiza el análisis de la metodología del enfoque basado en metas (Goal Based on Choice) como marco para la toma de decisiones y la aplicación del método PROACT (Problem, Objectives, Alternatives, Consequences, Trade-offs). (Carlson, y otros, 2008).

Análogamente, se realiza la revisión del Proceso de Análisis Jerárquico - AHP, Analytical Hierarchy Process de Saaty (1980), por sus siglas en inglés y la aplicación en los diferentes escenarios problemáticos para la toma de decisiones en la industria, la gestión de proyectos y educación. Para una mayor comprensión, se utilizará la sigla AHP (Analytic Hierarchy Process), de aquí en adelante, para denominar el Proceso de Análisis Jerárquico

Como resultado, en este capítulo, se mostrará el análisis preliminar de los criterios y alternativas de los profesionales de ingeniería en Colombia, donde se aplica la técnica PROACT dentro del enfoque basado en metas, para la organización sistemática de la información y el AHP (Analytic Hierarchy Process) con el fin de analizar los pesos de los criterios y niveles de preferencia de cada alternativa, para determinar el modelo más apropiado de certificación de profesionales de ingeniería en Colombia. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia, 2015).

En este capítulo se pretende responder con el objetivo planteado de priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

3.1 Enfoque basado en metas (Goal Based on Choice)

Dentro de la metodología de análisis multicriterio, distintos autores han aportado métodos que facilitan la organización sistemática del proceso de análisis de decisiones. En el enfoque basado en metas, una de las técnicas más utilizadas para iniciar con el análisis de alternativas y criterios, es el desarrollado por Bond et al., (2010). y Hammond & Keeney, (1999), denominado como el análisis de toma de decisiones por el método PROACT (Problema, Objetivos, Alternativas, Consecuencias, Transacciones).

El enfoque basado en metas es una metodología utilizada para organizar sistemáticamente la información, con el fin de estructurarla, teniendo en cuenta el reconocimiento del problema, la activación de objetivos, la escogencia de alternativas, la evaluación de las consecuencias en relación con las alternativas y los objetivos y establecer las transacciones entre las alternativas y los objetivos para determinar la preferencia e influencia entre estos (Carlson, y otros, 2008).

Se identifican ocho elementos claves para el análisis de la toma de decisiones inteligentes. Los primeros cinco elementos que son estructurales para la toma de decisiones inteligentes se denominan con el acrónimo PROACT (Problema, Objetivos, Alternativas, Consecuencias y Transacciones); los tres elementos restantes, son la incertidumbre, la tolerancia al riesgo y las decisiones vinculadas; estos elementos son considerados adicionales cuando hay una incertidumbre significativa. (Hammond & Keeney, 1999)

Según Carlson y otros (2008), la teoría general del enfoque basado en metas (Goal-Based on Choice) ha emergido con base en estudios recientes y cita el trabajo de Bettman, Luce & Payne (2008), sobre toma de decisiones de los consumidores, Bettman, Luce & Payne (1998), sobre los procesos constructivos de elección del consumidor, Krantz & Kunreuther (2007), sobre las metas y planes en la toma de decisiones, Russo, Carlson, Yong & Meloy (2008), sobre el objetivo de la consistencia como causa de la distorsión de la información y van Osselaer (2011), sobre el enfoque de metas de escogencia del consumidor.

Los estudios realizados sobre el enfoque basado en metas se han desarrollado principalmente para determinar la escogencia del consumidor desde las diferentes alternativas, para el logro de objetivos que satisfagan sus necesidades. Es pertinente indicar, que en un proceso de toma de decisiones se presentan situaciones en conflicto, que requiere conocer las alternativas en las cuales el consumidor (decisor) puede enfocarse, con base en unas necesidades (criterios) a satisfacer, hacia el logro determinado (meta-objetivo).

En el capítulo 2 en el numeral 2.3.1., se realizó la conceptualización de criterios, alternativas, metas, objetivos y cómo el decisor interactúa con cada uno de estos elementos para el análisis de las decisiones. Este marco conceptual aclara, cómo a partir de los atributos que presentan las alternativas, pueden estructurarse como criterios al incluir las preferencias por parte del decisor. Estas preferencias parten de la experiencia del decisor y de los referentes teóricos que utiliza para crear las preferencias. Ese conjunto de elementos requiere estructurarse de manera ordenada, desde el planteamiento del problema, establecer una meta, la construcción de objetivos, el análisis de las alternativas de decisión, la relación de las alternativas, los objetivos y la meta.

Las ventajas de la metodología del enfoque basado en metas para la toma de decisiones, es la organización sistemática de la información relacionada para la toma de decisiones efectiva. El reconocimiento del problema, el planteamiento de objetivos o metas, establecer las alternativas, determinar las consecuencias y establecer las transacciones. Estos elementos ayudan a dividir el problema en partes y analizar cada una de ellas de manera ordenada, convierte un problema complejo en elementos más manejables. (Hammond & Keeney, 1999)

Tomando como base las investigaciones realizadas por Hammond & Keeney (1999), los elementos para la toma de decisiones inteligentes se definen a continuación

- **Problema (Pr) “Problem”:** Definir el problema de decisión. Es uno de los elementos más importantes a considerar para la toma de decisiones, el enfoque generado en la definición del problema ayuda a encauzar los demás elementos de análisis para dar solución al problema de manera correcta. La definición y el planteamiento del problema, debe ser claro en determinar el tema que se va a solucionar, que la respuesta dada a la solución del problema esté soportada sobre

unos objetivos claros y suficiente información relevante. Por otra parte, se debe analizar y entender que otras decisiones pueden incidir o no sobre el problema, las cuales debe analizarse y considerarse en el marco de solución. (Hammond & Keeney, 1999)

- **Objetivos (O) “Objectives”:** Identificar de manera clara lo que se intenta mejorar con su decisión. Según Bond, Carlson, & Keeney (2010) citan a Raiffa (1968), Smith et al. (1982), Payne et al. (1988), Kirkwood (1997), Leon (1999a); donde argumenta que los objetivos representan deseos que pueden ser descritos por un verbo y un objeto. Los objetivos proporcionan para una decisión, los propósitos que especifican lo que se espera lograr. De ello se desprende, que el conocimiento de los objetivos es esencial para una toma de decisiones acertada, y esta noción es ampliamente aceptada por los investigadores y profesionales de la ciencia de la decisión. En la teoría del enfoque basado en metas, los objetivos activan las metas durante el proceso de escogencia y pueden influir un objetivo sobre otros y conduce a la activación de otras metas. Cabe recordar que los objetivos pueden relacionarse de manera dinámica durante los procesos de elección, (Carlson, y otros, 2008). A partir del análisis de los autores Carlson y otros (2008) se puede reflexionar que unas metas pueden ser conductoras de una gran meta, análogamente las interpretaciones de unos objetivos específicos conducen a un objetivo general.
- **Alternativas (A) “Alternatives”:** Establecer las alternativas más apropiadas desde las cuales se pueden realizar la mejor escogencia. Retomando Barba-Romero & Pomerol, (1997), son las diferentes posibilidades de elección que tiene el decisor para satisfacer la decisión. Se describen las posibles alternativas de solución al problema, teniendo en cuenta los objetivos planteados. Hammond & Keeney, (1999) las denominan como alternativas imaginativas, pues a partir de una visión amplia de la situación y estructuradas a partir de los objetivos, se establecen algunos elementos a considerar para la toma de decisiones.
- **Consecuencias (C) “Consequences”:** Describir cómo cada alternativa se relaciona con los objetivos. Son las posibles restricciones presentadas al realizar el análisis de los objetivos y las alternativas imaginativas planteadas. Las decisiones que surgen de la comparación de los objetivos y alternativas generan elementos a considerar que pueden afectar de manera importante las decisiones.
- **Transacciones (T) “Trade-offs”:** Establecer compromisos cuando se presenta dificultad en el logro de los objetivos. Es el intercambio y análisis de información

entre los objetivos, las consecuencias y el problema planteado, donde se pueden determinar los criterios de análisis de decisión, maximizando o minimizando el impacto para la toma de decisiones.

Por otra parte, se definen tres elementos adicionales que son aplicables cuando el problema de decisión presenta una incertidumbre significativa (Hammond & Keeney, 1999):

- **Incetidumbre (“Uncertainty”)**: Enfocada en identificar y cuantificar las mayores incetidumbres que pueden afectar la decisión.
- **Tolerancia al riesgo (“Risk tolerance”)**: Entendida como el margen de maniobra sobre el riesgo presentado en las decisiones
- **Decisiones vinculadas (“Links decisions”)**: Establecida como la planeación anticipada que pueda tener las decisiones actuales y futuras. También en cómo algunas decisiones pueden afectar otras, en el desarrollo de las actividades relacionadas al cumplimiento de las metas trazadas y objetivos propuestos.

El enfoque basado en metas y la aplicación del método PROACT, establece la organización de los diferentes elementos para el planteamiento del problema en la toma de decisiones, lo cual estructura la información para realizar el análisis de cada uno de los aspectos a considerar en la decisión.

Por otra parte, el análisis de decisión multicriterio es una técnica que determina los diferentes criterios y múltiples agentes que interactúan en la toma de decisiones. A continuación, se expone la técnica de análisis de decisión multicriterio, sus características y aplicaciones.

3.2 El análisis de decisión multicriterio: Una descripción de las ventajas y aplicaciones

El Análisis de Decisión Multicriterio (Multicriteria Decision Analysis MCDA) es un término amplio que incluye una colección de conceptos, métodos y técnicas que buscan ayudar a los individuos o grupos a tomar decisiones que implican diferentes puntos de vista en conflicto y múltiples agentes interesados (Belton & Stewart, 2002)

A pesar de existir una importante literatura científica multicriterio, las herramientas, los métodos y hasta la propia reflexión multicriterio permanecen casi totalmente desconocidos por los técnicos y directivos de todos los niveles (Barba-Romero & Pomerol, 1997).

Existen diferentes y muy variadas aplicaciones del análisis de decisión multicriterio, (Hammond & Keeney, 1999), (Ozdemir & Saaty, 2006) determinan la importancia de su aplicación en aspectos complejos que, con solo el uso de herramientas típicas de investigación de operaciones no son suficientes en la búsqueda de “la mejor decisión”; entre tanto, Barba-Romero & Pomerol, (1997), en su libro “Decisiones Multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica”, es un referente germinal del tema de decisiones multicriterio; indica que con el análisis multicriterio puede apoyar al decisor y acercarse a las situaciones reales de decisión.

Dentro de las herramientas más utilizadas en la aplicación del Análisis Multicriterio está el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process AHP), técnica ampliamente utilizada en diversos campos de la ciencia, ingeniería y las ciencias sociales. Un libro germinal que detalla el tema es el de Saaty T.L. (1980). Titulado The Analytic Hierarchy Process, en donde los investigadores inquietos en el tema citan como un libro clásico del proceso de análisis jerárquico. De estas revisiones e investigaciones han resultado en sendos artículos que ratifican y también actualizan la técnica, por ejemplo, (Ozdemir & Saaty, 2006) en el manejo de la incertidumbre con el análisis de influencia y dependencia de los datos, las consecuencias de las incertidumbres en el proceso de análisis jerárquico (Paulson & Zahir, 1995), en lo relacionado con la conformación, análisis y evaluación de panel de expertos para la toma de decisiones. Del mismo modo, es pertinente citar la extensa revisión bibliográfica y de estado de conocimiento realizada por Ho, (2008), sobre de las aplicaciones del AHP en los diferentes campos disciplinares y científicos en revistas internacionales desde el año 1997 hasta el 2006 y cuyo insumo es valioso para los investigadores que aplican AHP en sus trabajos de investigación; Del mismo modo, Vaidya

& Kumar, (2006) con la revisión amplia de las aplicaciones de AHP; análogamente, Subramanian & Ramanathan (2012), efectúan la revisión de la literatura en la aplicación de Analytic Hierarchy Process (AHP) en la gestión de operaciones desde el año 1990 hasta el año 2009 en 291 revistas internacionales.

Con el fin de recabar información relevante sobre la aplicación de la técnica AHP (Analytical Hierarchy Process), se dispuso a analizar las revisiones del estado de conocimiento expuestas por Vaidya & Kumar, (2006), Ho, (2008), Subramanian & Ramanathan (2012); la revisión de las áreas de aplicación planteadas por los autores para la organización y recolección de artículos de los diferentes temas. Para el análisis de aplicación de AHP²⁵, de la revisión del estado de conocimiento en los artículos citados, se enfocó en las áreas de educación, educación superior y aplicación en universidades.

Vaidya & Kumar, (2006) en el enfoque de educación, revisa los siguientes aspectos: selección, evaluación, análisis costo-beneficio, asignación de recursos, planeación y desarrollo y toma de decisiones.

En el aspecto de selección relacionada con el área de educación, el autor encontró el enfoque de la toma de decisiones para la selección de programas doctorales por parte de un individuo (Tadisina, Troutt, & Bhasin, 1991); en la selección de candidatos para la cualificación en estudios postgraduales (Bahurmoz, 2003), y en la escogencia del mejor programa o simulador de sistema experto para la capacitación en negocios (Kim & Yoon, 1992).

En el aspecto de evaluación relacionada con el área de educación, Bryson & Mobolurin, 1(997) aplican la técnica de AHP y hacen una extensión hacia un procedimiento de evaluación del aprendizaje de acción para múltiples criterios de problemas de toma de decisiones (ALEP)²⁶ y expone un ejemplo en la aplicación para la evaluación de candidatos para la promoción de investigadores y lo integra con programación lineal.

²⁵ Analytic Hierarchy Process

²⁶ Action Learning Evaluation Procedure

De otro lado, Forgionne, Kohli, & Jennings, (2002) realizan el análisis de la calidad en la evaluación de artículos en las revistas de los sistemas de información y de inteligencia artificial, la evaluación de artículos sobre tecnología en sistemas (Forgionne & Kohli, 2001). Por otra parte, se observa la integración de otras técnicas como el despliegue de la función de calidad (QFD)²⁷ con AHP para la evaluación de la mejora de los procesos de enseñanza en las universidades (Lam & Zhao, 1998).

Del mismo modo, se observa la integración del QFD en el diseño y planeación del programa de ingeniería industrial en Middle East Technical University (METU) donde identifican los requerimientos de los grupos de interés, los cuales son priorizados (Köksal & Egitman, 1998).

En el aspecto de asignación de recursos relacionada con el área de educación, se observa el artículo relacionado con la planeación de recursos e infraestructura en una universidad, donde se utiliza la programación de metas y la utilización del AHP, para la asignación de pesos y la priorización de proyectos (Kwak & Lee, 1998).

En el aspecto de planeación y desarrollo relacionada con el área de educación, se observa la aplicación de la técnica en la asignación de espacios en la Universidad de Missouri-Rolla, donde los autores utilizan un modelo de decisión multi-objetivo, para la asignación de espacios de enseñanza, investigación y servicios de extensión (Benjamin, Ehie, & Omurtag, 1992).

En el aspecto de toma de decisiones, se observa la aplicación de la técnica en el desarrollo de un sistema de soporte de la decisión en la escogencia de preguntas para el desarrollo de un examen, tomando en consideración el tipo de respuesta, la dificultad de las preguntas y el manejo considerable de preguntas en las bases de datos (Miyaji, Nakagawa, & Ohno, 1995).

Ho, (2008) realiza la revisión del estado de conocimiento, organizando la información, tomando como base la combinación de técnicas con AHP, tales como la programación matemática (programación lineal, programación lineal entera, programación lineal entera

²⁷ Quality Function Deployment

mixta y programación por metas); el despliegue de la función de calidad (QFD); técnicas metaheurísticas; el análisis DOFA²⁸ y el análisis envolvente de datos (DEA²⁹).

Se realizó la revisión tomando como base la aplicación de educación superior delimitada por Ho, (2008), de los cuales se observaron los siguientes hallazgos:

La combinación de AHP y la Programación lineal entera, desarrollada por Ozdemir & Gasimov, (2004), se observa en la asignación de cursos a los instructores de una facultad de una institución de educación superior. Teniendo en cuenta la complejidad del problema por la cantidad de objetivos establecidos (número de cursos, preferencias de los cursos, tipo de instructor, asignación de espacios para el desarrollo del curso), los autores establecieron de un planteamiento multi-objetivo, a un objetivo único, tomando como base las técnicas de AHP, para la asignación de pesos y preferencias.

Por otra parte, la combinación de AHP y la Programación orientada a metas (Goal Programming) desarrollada por Kwak & Lee, (1998) y revisado también por Vaidya & Kumar, (2006); realiza el análisis de la asignación de recursos e infraestructura tecnológica en la Universidad Católica del Medio-Oeste de los Estados Unidos, en el cual plantean la necesidad de expandir su infraestructura tecnológica para la mejora de los servicios computacionales, dado el crecimiento importante de las tecnologías de información.

Ho, (2008) y Vaidya & Kumar, (2006), analizan la combinación de AHP y QFD, aplicado en la planeación y el diseño de programas de ingeniería, por los autores Köksal & Eğıtman, (1998), donde se enfocan en un programa de educación superior de ingeniería industrial en la Universidad Técnica del Medio-Este, en el cual recopilan la información de las partes interesadas, por medio de la aplicación de la técnica QFD y establecen los pesos y las prioridades con base en la técnica AHP.

De otro lado, Ho, (2008) y Vaidya & Kumar, (2006), analizan la combinación de AHP y QFD, en la mejora de la calidad en las técnicas y métodos de enseñanza. A partir de la

²⁸ Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas

²⁹ Data Envelopment Analysis

técnica QFD, recopilan información acerca de las técnicas de enseñanza y por medio de la técnica AHP las ponderan y priorizan.

Entretanto, Subramanian & Ramanathan, (2012), realizan la revisión del estado de conocimiento sobre la aplicación de AHP en la gestión de operaciones, realizando la comparación entre la aplicación de la técnica AHP y estudios sobre gestión estratégica de manufactura; estudios sobre decisiones estratégicas en tecnología; decisiones estratégicas socioeconómicas; decisiones estratégicas medioambientales; planeación de producto; pronósticos de la demanda; gestión de la calidad; en la mejora en la medición y desempeño en organizaciones; en distribución de planta; en la gestión de capacidades instaladas; en la asignación de recursos; estudios sobre diseño y medición del trabajo; en la selección y estimación de proyectos; en la planeación de proyectos; el control de proyectos; en la gestión de la logística y cadenas de abastecimiento, AHP y estudios sobre outsourcing y por último, AHP y gestión de inventarios.

A partir de esta información que ilustran los autores (Subramanian & Ramanathan, 2012), se realizó la revisión de los artículos que tengan relación con universidades, educación superior y educación, encontrándose un artículo relacionado la aplicación de AHP y las decisiones estratégicas socioeconómicas, relacionado con la alineación de los objetivos estratégicos de una universidad y los resultados socioeconómicos a través de los mecanismos de transferencia de tecnología (Cortés-Aldana, García-Melón, Fernández-de-Lucio, Aragonés-Beltrán, & Poveda-Bautista, 2009). En este artículo, los autores aplican las técnicas de AHP para la priorización de objetivos para la estructuración del problema, luego la aplicación de Analytic Network Process (ANP) para la priorización de objetivos en el modelado en red. Cabe destacar que el Analytic Network Process (ANP) es una generalización a partir del Analytic Hierarchy Process (AHP) donde su estructura básica es una red influenciada por agrupaciones (clústeres) de criterios y nodos que presentan interdependencia. (Saaty, 2008b)

A continuación, en la Tabla 3-1, se muestra la relación entre los hallazgos de los autores revisados y la aplicación de la Técnica AHP, sus combinaciones y enfoques en los ámbitos de educación superior, universidades y el área de educación.

Tabla 3-1: Revisión de artículos relacionados con educación según revisión sistemática de Vaidya & Kumar (2006)

Autor revisado	Área de enfoque	Aspecto relacionado con la aplicación de la técnica AHP	Autores analizados	Tema del artículo
Vaidya & Kumar, (2006),	Educación	Selección	Tadisa, Troutt, & Bhasin, (1991)	Selección de programas doctorales por parte de un aspirante
		Evaluación	Bryson & Mobolurin, (1997)	Evaluación de candidatos para la postulación como investigadores
			Forgionne, Kohli, & Jennings, (2002)	Evaluación de artículos de investigación
			Lam & Zhao, (1998)	Evaluación del proceso de enseñanza en las universidades, usando la combinación de AHP y QFD
			Köksal & Eğitman, (1998)	Integración del QFD en el diseño y planeación del programa de ingeniería industrial en Middle East Technical University (METU), identificación y priorización de los grupos de interés.
		Asignación de recursos	Kwak & Lee, (1998)	Planeación de recursos de infraestructura en una universidad
		Planeación y desarrollo	Benjamin, Ehie, & Omurtag, (1992)	Planeación en la asignación de espacios en una universidad
		Toma de decisiones	Miyaji, Nakagawa, & Ohno, (1995)	Desarrollo de un sistema para la escogencia de preguntas de un examen, teniendo en cuenta tipo de pregunta y complejidad de la respuesta

Fuente: El autor a partir de la revisión del estado de conocimiento de Vaidya & Kumar (2006)

En la Tabla 3-2 se muestran los artículos de la revisión sistemática realizada por Ho (2008), relacionado con educación superior

Tabla 3-2: Revisión de artículos relacionados con educación superior según revisión sistemática de Ho (2008)

Autor revisado	Área de enfoque	Aspecto relacionado con la técnica combinada con AHP	Autores analizados	Tema del artículo
Ho, (2008),	Educación superior	AHP y Programación lineal entera	Ozdemir & Gasimov, (2004)	Asignación de cursos a los instructores de una facultad de una institución de educación superior
		AHP y Programación orientada a metas (Goal Programming)	Kwak & Lee, (1998)	Análisis de la asignación de recursos e infraestructura tecnológica en la Universidad
		AHP y QFD	Köksal & Eğıtman, (1998)	Integración del QFD en el diseño y planeación del programa de ingeniería industrial en Middle East Technical University (METU), identificación y priorización de los grupos de interés.
			Lam & Zhao, (1998)	Evaluación del proceso de enseñanza en las universidades, usando la combinación de AHP y QFD

Fuente: El autor a partir de la revisión del estado de conocimiento de Ho (2008)

En la Tabla 3-3 se muestran los artículos de la revisión sistemática realizada por los autores Subramanian & Ramanathan, (2012), relacionado con universidades.

Tabla 3-3: Revisión de artículos relacionados con universidades según revisión sistemática de Subramanian & Ramanathan, (2012),

Autor revisado	Área de enfoque	Aspecto relacionado con la aplicación de la técnica AHP	Autores analizados	Tema del artículo
Subramanian & Ramanathan (2012)	Universidades	Decisiones estratégicas socio-económicas	Cortés-Aldana, García-Melón, Fernández-de-Lucio, Aragonés-Beltrán, & Poveda-Bautista, (2009)	Alineación de los objetivos estratégicos de una universidad y los resultados socioeconómicos a través de los mecanismos de transferencia de tecnología

Fuente: El autor a partir de la revisión del estado de conocimiento de Subramanian & Ramanathan, (2012)

Como se puede observar en las tablas anteriores, la revisión de estado de conocimiento sobre la aplicación del AHP, se ha encontrado poca literatura relacionada con el área de

educación en ingeniería. Se ha observado su aplicación en la toma de decisiones para determinar los criterios más apropiados para la acreditación de instituciones educativas, el análisis de programas educativos de ingeniería; por otra parte, se ha podido observar que ha cobrado importancia el análisis de decisiones en aspectos que pueden considerarse de relativa importancia para el manejo e inversión de recursos en instituciones educativas o la capacidad que presentan los programas de ingeniería en comparación con las competencias y habilidades que entregan como resultado del proceso educativo. Es por tanto de importancia, analizar las investigaciones realizadas por Siskos, Grigoroudis, Krassadaki, & Matsatsinis, (2007) y Politis & Siskos, (2004), en la cualificación de cursos de extensión; de igual manera, las investigaciones realizadas acerca de la evaluación cuantitativa de los procesos de enseñanza (Liu, 2013); (Pang, Jihong & Liu, 2013). A continuación, se relatan los análisis realizados por estos autores.

3.2.1 Análisis de decision multicriterio y sus aplicaciones en aspectos educativos, competencias y habilidades profesionales

Dada la ilustración presentada sobre las potencialidades y ventajas del análisis de decisión multicriterio, se presenta un caso aplicado en los profesionales de tecnologías de la información. Siskos et al., (2007) analizan este caso en lo relacionado con la necesidad de cualificación por medio de cursos de extensión y la adquisición de mayor experiencia para contrarrestar las exigencias de un mercado cambiante. En tal sentido, requieren la necesidad de cuantificar y establecer criterios para determinar la importancia de los cursos de extensión para la cualificación profesional y su experiencia. Proponen una metodología multicriterio para tener en cuenta los diferentes elementos y los aspectos institucionales de la profesión para cuantificar y establecer la competencia del profesional en tecnologías de la información. Dentro de la metodología utilizada por Siskos et al., (2007), está la evaluación de la experiencia profesional, la evaluación de estudios y aprendizaje vocacional de los candidatos para la acreditación. Estos aspectos son analizados y modelados a partir de criterios cuantitativos, así como la aplicación de las técnicas multicriterio de agregación y desagregación de valores a cada uno de los criterios construidos.

Por otra parte, se han revisado aplicaciones del análisis de decisiones multicriterio sobre el estudio cuantitativo y la evaluación de los procesos de enseñanza (Liu, 2013), (Pang, Jihong & Liu, 2013) donde analizan diferentes aspectos a considerar en las actividades de enseñanza, tales como el ambiente propicio, la gestión realizada por el profesor, los contenidos de enseñanza, la innovación, los resultados frente al cumplimiento de actividades y el logro de las competencias a los estudiantes. La aplicación de las técnicas multicriterio, están enfocadas en la evaluación de la gestión de la institución en lo relacionado con el aprendizaje, los resultados en los estudiantes y la eficiencia en la infraestructura académica por parte de la institución.

En el mismo sentido, la aplicación de metodologías basadas en el análisis multicriterio, se han evidenciado en estudios enfocados en la evaluación institucional de programas de ingeniería (Politis & Siskos, 2004), tomando elementos denominados por los autores como dimensiones básicas tales como los aspectos de administración, educación, investigación, satisfacción de graduados y la aceptación de graduandos por parte del mercado laboral. Cada una de estas dimensiones están acompañadas por criterios y subcriterios dentro del modelamiento de desagregación de las preferencias. La metodología construida por los autores está relacionada con el análisis multicriterio, porque están enfocados en una meta-objetivo denominado como el desempeño del puntaje global del departamento y las dimensiones descritas anteriormente están determinadas como las alternativas que el decisor analiza para el cumplimiento de la meta-objetivo, acompañado de los diferentes criterios y subcriterios que describen estas alternativas.

3.3 Construcción de la metodología de análisis de decisiones para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería

Con el fin de esquematizar las fases que constituyen la construcción de la metodología de análisis de decisiones, se consideran los elementos definidos en el enfoque basado en metas y en el análisis multicriterio, definidos anteriormente y se toma en consideración algunos elementos importantes de la investigación desarrollada por Politis & Siskos, (2004), frente a la estructuración y organización sistemática de las fases de la metodología aplicada en la evaluación institucional de un departamento de ingeniería en Grecia (Politis & Siskos, 2004, pp. 227-229).

Se efectuó la configuración de la metodología por fases y en cada fase se describen las actividades a realizar de manera sistemática. En tal sentido, se construye una metodología propia para el caso de la certificación de los profesionales de ingeniería, siguiendo los preceptos fundamentales de la metodología del enfoque basado en metas y de la metodología de análisis multicriterio.

La metodología consta de cuatro fases, las cuales se definen a continuación:

Fase 1. Análisis de los elementos de entrada. En esta fase, tomando como base, a Carlson et al., (2008), se consideran las actividades relacionadas con el reconocimiento del problema, establecimiento de la meta, la definición de objetivos, el determinar alternativas y establecer los criterios.

Fase 2. Proceso de revisión de alternativas y criterios. Contempla el análisis y revisión de las alternativas y su relación con los criterios, el análisis y revisión de los criterios y su relación con los subcriterios, tomando como base la metodología de análisis multicriterio y la aplicación de la técnica del proceso de análisis jerárquico, generando unos resultados de análisis preliminar (Vásquez-Bernal, O. A; Cortés-Aldana, 2015).

Fase 3. Proceso de revisión externa. Contempla el diseño y validación de instrumentos de recolección de información, la conformación y validación del panel de expertos; para lo cual se revisan los conceptos sobre la aplicación de paneles de expertos (Ayyub, 2000); la

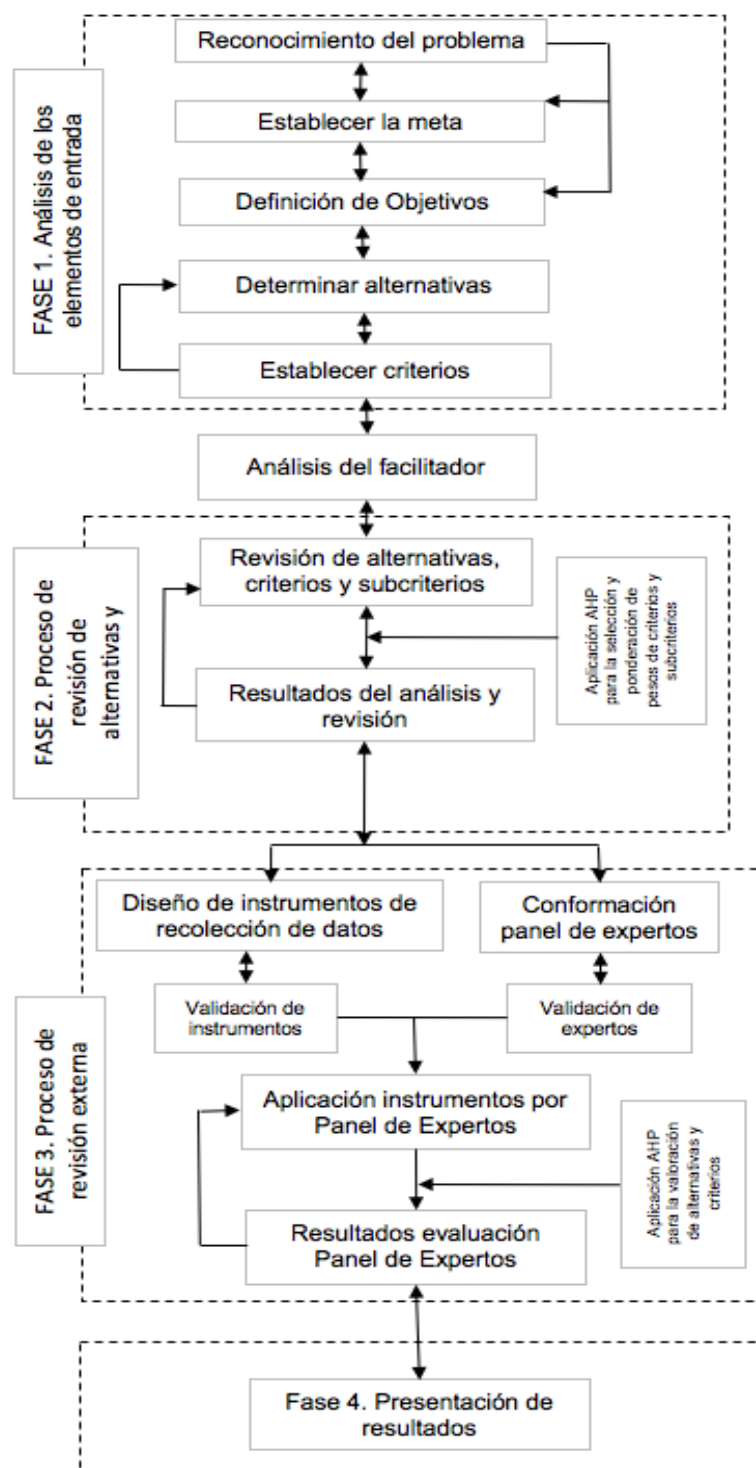
toma de decisiones teniendo en cuenta los expertos, (Saaty, 2008a), sus características y limitaciones, (Ozdemir & Saaty, 2006); el manual del panel de expertos de Royal Society of Canadá (The Royal Society of Canadá, 2010), en el cual se encuentran lineamientos relacionados con la conformación, validación y desarrollo del panel de expertos; apoyándose en la revisión de guías para la realización de paneles de expertos (Dirección Nacional de Planeación, 2014).

En esta fase se considera también la aplicación de la técnica del proceso de análisis jerárquico y sus características (Montibeller & Franco, 2010). Los resultados de la evaluación por parte del panel de expertos son confrontados con los resultados preliminares de la Fase 2.

Fase 4. Presentación de resultados. Son los elementos de salida de la aplicación de la metodología considerados como resultado de la priorización de los modelos de certificación. Para lo cual, se toman elementos de Politis & Siskos, (2004), en la organización y presentación de resultados.

A continuación, se expone gráficamente la metodología construida para el análisis de toma de decisiones en la priorización de los modelos de certificación.

Figura 3-1: Fases metodológicas para la toma de decisiones en priorización de los modelos de certificación



Fuente: El autor a partir de (Politis & Siskos, 2004, pp. 227-229); (Cortés-Aldana et al., 2009); (Cortés-Aldana, García Melón, & Aragonés Beltrán, 2007)

En este capítulo se puede concluir que el método PROACT y el enfoque basado en metas (Goal Based on Choice) organiza de manera sistemática los elementos de entrada, para el análisis del problema en la toma de decisiones.

La metodología de análisis multicriterio, estructura los diferentes puntos de vista que se configuran como criterios, los cuales están relacionados con las alternativas y ayudan al decisor a establecer la solución más apropiada que satisface los objetivos y meta planteados, para la toma de decisiones.

La revisión del estado de conocimiento sobre la aplicación de la técnica AHP, se destaca que, en las áreas de educación y universitaria, ha sido poca utilizada. En los aspectos donde se ha enfocado su uso, es en la toma de decisiones presupuestales, planeación y utilización de recursos físicos, la alineación de objetivos estratégicos hacia la tecnología, programación de carga académica a docentes. Es escasa la literatura científica con respecto a las competencias profesionales, entretanto, se observan cuatro artículos relacionados con la calidad de la enseñanza impartida por las instituciones (Lam & Zhao, 1998), (Liu, 2013), (Pang, Jihong & Liu, 2013), (Politis & Siskos, 2004) y un artículo relacionado con competencias profesionales en tecnologías de la información (Siskos et al., 2007).

La construcción metodológica propuesta, se justifica para organizar de manera sistemática la información resultante de la revisión profunda de la literatura acerca de los criterios y alternativas (modelos de certificación de profesionales de ingeniería) existentes y de la aplicación de las metodologías para la toma de decisiones (enfoque basado en metas y análisis multicriterio).

La metodología construida establece de manera estructurada, las fases para la toma de decisiones. Cada fase, de manera sistémica, confluyen internamente los pasos para el cumplimiento de cada fase y en conjunto, se configura para la priorización de los modelos de certificación (Vasquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018).

4. Aplicación de la propuesta metodológica

Este capítulo muestra la aplicación de la propuesta metodológica para el análisis de decisiones, mediante la descripción sistemática de cada uno de los pasos que conforman las fases de la propuesta. Se pretende dar respuesta a los objetivos planteados de priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia y de proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

Se inicia con el análisis de los elementos de entrada, donde se describen de manera detallada, el reconocimiento del problema de la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, la definición y descripción de la meta, objetivos, alternativas y criterios, tomado como base, los análisis de la base teórica, descrita en los capítulos anteriores.

Seguidamente, se expone el proceso de revisión de las alternativas, criterios y subcriterios, la aplicación de la técnica AHP para la ponderación de pesos de los criterios. Esta revisión fue publicada por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015), en el artículo titulado “*A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia*”.

De otro lado, se describe el proceso de revisión externa, relacionado con el diseño del instrumento de recolección de datos y la conformación del panel de expertos. Como soporte teórico se retoman las investigaciones realizadas por Saaty, (2008a), Saaty, (2008b), Ozdemir & Saaty, (2006), Keeney, (2013), Keeney & von Winterfeldt, (1989). Análogamente, los conceptos sobre la aplicación de paneles de expertos de Ayyub, (2000), y los referentes del manual de panel de expertos (The Royal Society of Canada, 2010) y la realización de paneles de expertos (Dirección Nacional de Planeación, 2014).

Se describe la aplicación de instrumentos por el panel de expertos y se aplica la técnica AHP para la valoración de criterios. Estos resultados se compararán con los realizados en el análisis preliminar de Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015).

Como resultado en este capítulo, se presentarán los resultados de la aplicación de la propuesta metodológica para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería.

4.1 Fases metodológicas de la toma de decisiones para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería

En el capítulo anterior, se presentó de manera general y estructurada, las fases de la metodología propia de análisis de decisiones para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería. A continuación, se describen de forma detallada, los pasos relacionados con las fases metodológicas.

Fase 1. Análisis de los elementos de entrada:

▪ Paso 1. Reconocimiento del problema:

A partir de los análisis realizados por Vásquez-Bernal, O.A. (2012), la profesión de ingeniería ha tomado la importancia de alto impacto social, pues es considerada una actividad que en ejercicio tiene un alto impacto sobre la sociedad, por lo tanto, la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia es fundamental para la movilidad profesional internacional. (Vásquez-Bernal, O. A; Cortés-Aldana, 2015).

La situación actual del profesional de ingeniería colombiano está enmarcada en que la movilidad internacional de los profesionales de ingeniería se ve afectada por el cumplimiento de los requisitos de convalidación de títulos en el exterior que los organismos de certificación solicitan, los criterios de cada organismo de certificación son diferentes en cada uno de los países y la certificación del profesional en el desarrollo de su profesión. (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

La situación deseada estará enmarcada en que para la adaptación a las condiciones establecidas por cada país sobre la movilidad profesional, es necesario identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería, tomando como base el análisis de los modelos de certificación de otros países y proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2014).

- **Paso 2. Establecer la meta**

A partir del reconocimiento del problema se determina la meta a lograr, la cual está enfocada en: “Establecer el modelo más apropiado de certificación para los profesionales de ingeniería en Colombia”, (Vásquez-Bernal, O. A; Cortés-Aldana, 2015).

- **Paso 3. Definición de objetivos**

Teniendo en cuenta la importancia de la profesión de ingeniería como de alto impacto social y la necesidad de establecer el modelo más apropiado de certificación profesional de ingeniería en Colombia, se retoman los análisis realizados en el capítulo 2, para lo cual se determinan los siguientes objetivos que relacionan a las actividades que debe desarrollar el profesional de ingeniería y que son aspectos comunes presentados en los modelos analizados en el capítulo 2, numeral 2.2. Consorcios y acuerdos de acreditación y calidad académica.

A partir de los referentes teóricos como Jang; Yu, (2008), Kasuba, Vohra, & Vohra, (2006), Patil A. (2004), Kasuba & Vohra (2004) y Patil & Pudlowsky (2005) ayudan a construir tanto los objetivos como los criterios y apoyados también en los referentes de los consorcios del Acuerdo de Washington, el proceso de Bologna (European Higher Education Area) y los lineamientos de los organismos acreditadores NEECS y FEANI. Los objetivos se enuncian a continuación

- Comprender y aplicar los conocimientos de ingeniería³⁰
- Analizar y solucionar los problemas de ingeniería³¹

³⁰ Tomado y adaptado a partir de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagreemements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

³¹ Tomado y adaptado de FEANI Guide (2013) recuperado de <https://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/website/Guide%20to%20the%20FEANI%20Register%202013.pdf>

- Determinar el impacto social de la profesión³²
- Conocer los aspectos legales y éticos de la profesión^{33 34}
- Gestionar proyectos y propender a la comunicación efectiva y el aprendizaje permanente^{35 36}

▪ **Paso 4. Determinar las Alternativas.**

A través de los análisis realizados en el Capítulo 2, numeral 2.2. y teniendo en cuenta la definición de (Barba-Romero & Pomerol, 1997), las alternativas son las diferentes posibilidades de elección que tiene el decisor para satisfacer la decisión. Las alternativas son las siguientes:

- Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington)
- Consorcio Bologna Process/European Higher Education Area
- Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia
- Organizaciones Certificadoras Profesionales Internacionales (Lineamientos de la Federación europea de las asociaciones nacionales de ingeniería (FEANI) y los lineamientos del consejo Nacional de evaluadores de ingeniería (NCEES)

Estas alternativas han sido descritas de manera importante en el numeral 2.2. del capítulo 2, de este documento.

▪ **Paso 5. Establecer los criterios y subcriterios**

Teniendo en cuenta la definición expuesta en el numeral 2.3.1. del capítulo 2, los criterios son las preferencias de un decisor incluidas a un atributo de una alternativa.

³² Tomado y adaptado a partir de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

³³ Tomado y adaptado a partir de "A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area-Bologna Working Group on Qualifications Frameworks" Apéndice 8 P. 193 extractado de: http://ecahe.eu/w/images/7/76/A_Framework_for_Qualifications_for_the_European_Higher_Education_Area.pdf

³⁴ Tomado y adaptado de Ley 842 de 2003 Código de ética profesional. Recuperado de <https://copnia.gov.co/copnia/normatividad/ley-842-de-2003/>

³⁵ Tomado y adaptado a partir de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

³⁶ Tomado y adaptado de FEANI Guide (2013) recuperado de <https://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/website/Guide%20to%20the%20FEANI%20Register%202013.pdf>

A partir de las alternativas analizadas en el numeral 2.2. del capítulo 2, se establecieron los criterios y una serie de subcriterios, para mayor comprensión y detalle. El análisis y descripción de los mismos, fueron expuestos en un artículo de revista indexada en la Revista Global Journal of Engineering Education por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015).

Con el fin de establecer una secuencia lógica en la identificación de los subcriterios, se han identificado con subíndices (SCij) donde i es el número del criterio al que pertenece el subcriterio y j es el número que identifica al subcriterio. Por ejemplo, el subcriterio SC12 significa que es el subcriterio que pertenece al criterio 1 de competencia profesional y es el segundo subcriterio de análisis de problemas (complejidad de análisis).

En la Figura 4-1 y la Tabla 4-1, se muestra la relación entre los criterios, subcriterios y alternativas, como resultado del análisis de las alternativas. Esta relación fue presentada por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015, p. 93).

Figura 4-1: Diagrama de jerarquías AHP criterios, subcriterios y alternativas, a partir de Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015, p. 93).

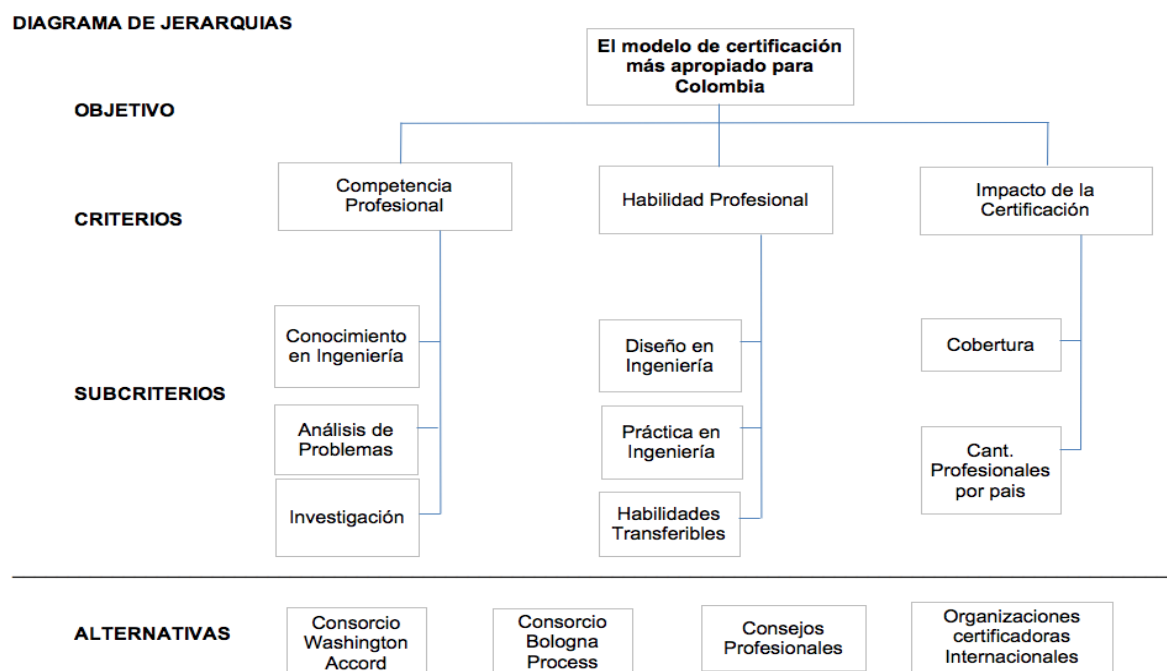


Tabla 4-1: Relación entre criterios, subcriterios y alternativas

Criterios	Subcriterios	Alternativas
C1. Competencia profesional	SC11. Conocimiento de ingeniería	Consortio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington)
	SC12. Análisis de problemas (complejidad de análisis)	
	SC13. Investigación	
C2. Habilidades profesionales	SC21. Diseño de ingeniería	Consortio Bologna Process/European Higher Education Area
	SC22. Práctica en ingeniería	
	SC23. Habilidades transferibles	
C3. Impacto de la certificación	SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura	Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia
	SC32. Número de profesionales colombianos con altos estudios por país	Organización Certificadora Profesional Internacional FEANI
		Organización Profesional Internacional NCEES

A continuación, se describen los criterios y subcriterios, tomando como base, las definiciones presentadas en el capítulo 2, numeral 2.2., acerca de las alternativas

Criterio de Competencia Profesional (C1):

Se define como la competencia para ejercer una profesión. Capacidad para solucionar problemas, actuar de manera autónoma, ser flexible y poder contribuir al entorno profesional ya la organización del trabajo. De este criterio, se desprenden los siguientes subcriterios que detallan la competencia del profesional en ingeniería.

- *Subcriterio de Conocimiento de ingeniería (SC11):* Aplica conocimientos de matemáticas, ciencias naturales, fundamentos de ingeniería y una especialidad en ingeniería
- *Subcriterio de Análisis de problemas (SC12):* Identifica, formula, investiga en literatura relevante y analiza problemas complejos de ingeniería, manteniendo conclusiones sustentadas, usando los principios fundamentales de matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la ingeniería
- *Subcriterio de Investigación (SC13):* La conciencia del cambio técnico continuo y el fomento de una actitud de buscar la innovación y la creatividad, dentro de la profesión de ingeniería.

Criterio de Habilidad Profesional (C2):

Se enfoca en aplicar los conocimientos para resolver problemas de ingeniería, presentar habilidades en gestión de la información, comunicación y habilidades lingüísticas, y ética profesional. De este criterio, se desprenden los siguientes subcriterios que refuerzan las habilidades profesionales de ingeniería.

- *Subcriterio de Diseño en ingeniería (SC21):* Diseña soluciones para problemas complejos y diseña sistemas, componentes o procesos que encuentran necesidades específicas con la apropiada consideración del impacto de la seguridad de salud pública y las consideraciones de los impactos culturales, en la sociedad y el ambiente.
- *Subcriterio de Práctica en ingeniería (SC22).* El conocimiento general de las buenas prácticas en ingeniería en su campo de la ingeniería, las propiedades el comportamiento de los materiales, los procesos de fabricación, el análisis de los distintos componentes y el software.
- *Subcriterio de Habilidades transferibles -Ética profesional, manejo de la información, trabajo en equipo, habilidades comunicativas, dominio de idiomas- (SC23):*

La comprensión de la profesión de ingeniería y la obligación de servir a la sociedad, el impacto de la profesión y el medio ambiente, a través del compromiso de aplicar el código apropiado de conducta profesional. Habilidades en ingeniería económica, gestión de calidad, gestión de mantenimiento, el uso de información técnica y estadística. La capacidad de trabajar con otros, en proyectos multidisciplinarios. La capacidad de ofrecer un liderazgo que abarque consideraciones de dirección, aspectos técnicos, financieros y humanos. Habilidades de comunicación y la obligación de mantener la competencia en un desarrollo profesional continuo y el dominio de idiomas.

Criterio del Impacto de la certificación (C3):

Se define como la incidencia de la certificación en la región donde es válida, teniendo en cuenta la cobertura del país y el número de beneficiarios de la certificación profesional. Para determinar el impacto, se tienen en cuenta los siguientes subcriterios relacionados con la cobertura de la certificación y el número de profesionales de altas calidades académicas por país.

El impacto de la certificación es una característica que determina la cobertura y el número de profesionales de alta calificación que se encuentran en el exterior. Dada su importancia, es pertinente efectuar una descripción detallada de los subcriterios 7 y 8 relacionados con el criterio 3; cabe resaltar que, tal como se realizó con los criterios anteriores, se expusieron en el artículo publicado por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015)

- *Subcriterio de Cobertura de países que tiene validez la certificación (SC31):*

El otorgamiento de la certificación cubre una cantidad importante de países que promueve la movilidad internacional del profesional en ingeniería

Con base en las alternativas analizadas en el capítulo 2, tales como el Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington), Bologna Process/EHEA, Organismos internacionales de certificación (NCEES y FEANI) y los consejos Profesionales de Ingeniería de Colombia, y atendiendo el aspecto relacionado con la cobertura de los países donde la certificación tiene validez, se retomó la revisión de las alternativas descritas detalladamente en el capítulo 2. numeral 2.2.

Seguidamente, se hace el análisis de la cobertura de las alternativas, con el fin de determinar las potencialidades y características de cada alternativa analizada.

- Cobertura del Consorcio Alianza Internacional de Ingeniería (Acuerdo de Washington):

En la descripción del Consorcio alianza Internacional de ingeniería (Acuerdo de Washington), para los profesionales graduados de ingeniería, la cobertura está determinada por las firmas que representan el acuerdo de Washington en los países miembros.

En la siguiente tabla, se indican quince países y dos provincias de China, con sus respectivas entidades con representación completa ante el Acuerdo de Washington:

Tabla 4-2: Países y entidades con representación completa en el Acuerdo de Washington

País representado	Entidad de representación ante el Acuerdo de Washington	Año de inicio de la representación
Australia	Engineers Australia (EA)	1989
Canadá	Engineers Canada (EC)	1989
China	China Association for Science and Technology (CAST)	2016
Taipéi China	Institute of Engineering Education Taiwan (IEET)	2007
Hong Kong China	Hong Kong Institution of Engineers (HKIE)	1995
India	Engineers Ireland (EI)	1989
Japón	Japan Accreditation Board for Engineering Education (JABEE)	2005
Corea	Accreditation Board for Engineering Education of Korea (ABEEK)	2007
Malasia	Board of Engineers Malaysia (BEM)	2009
Nueva Zelanda	Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ)	1989
Rusia	Association for Engineering Education Russia (AEER)	2012
Singapur	Institution of Engineers Singapore (IES)	2006
Sudáfrica	Engineering Council South Africa (ECSA)	1999
Sri-Lanka	Institution of Engineers Sri Lanka (IESL)	2014
Turquía	Association for Evaluation and Accreditation of Engineering Programs (MÜDEK)	2011
Estados Unidos	Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)	1989
Reino Unido	Engineering Council United Kingdom (ECUK)	1989

Fuente: Extractado y adaptado de International Engineering Alliance – Washington Accord – Signatories, recuperado de <http://www.ieagreements.org/accords/washington/signatories/> en mayo 17 de 2017

En la tabla anterior, se observa que los países con mayor antigüedad en la representación del Acuerdo de Washington son Australia, Canadá, Irlanda, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Reino Unido, seguidamente, se vincularon Hong Kong, Sudáfrica y en la última década, Taipéi, Japón, Corea, Malasia, Singapur, Turquía, Rusia, Sri-Lanka y China.

De otro lado, en la siguiente tabla, se indican seis países que presentan una representación parcial ante el Acuerdo de Washington (6 países).

Tabla 4-3: Países y entidades con representación parcial en el Acuerdo de Washington

País representado	Entidad de representación ante el Acuerdo de Washington
Bangladesh	Board of Accreditation for Engineering and Technical Education (BAETE)
Costa Rica	Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA)
México	Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI)
Pakistán	Pakistán Engineering Council (PEC)
Perú	Instituto de Calidad Y Acreditación de Programas de Computación, Ingeniería Y Tecnología (ICACIT)
Filipinas	Philippine Technological Council (PTC)

Fuente: Extractado y adaptado de International Engineering Alliance – Washington Accord – Signatories, recuperado de <http://www.ieagrements.org/accords/washington/signatories/> en mayo 17 de 2017

En la tabla anterior, se observa los países y entidades que las representan ante el Acuerdo de Washington de los cuales tres países son de Latinoamérica (Costa Rica, México y Perú). La representación parcial ante el Acuerdo de Washington, indica que son entidades que están en proceso de revisión y evaluación del sistema de gestión para el cumplimiento de procesos y procedimientos del acuerdo.

- Cobertura del Consorcio Bologna Process / European Higher Education Area (EHEA):

En el numeral 2.2.2. en la descripción del Consorcio Bologna Process / European Higher Education Area, para los profesionales graduados de ingeniería, la cobertura está determinada también como en el Acuerdo de Washington, por las firmas que representan el acuerdo del Consorcio Bologna Process en los países miembros.

En las siguientes tablas, se muestran treinta y cuatro países miembros que tienen representación ante el Consorcio Bologna Process / EHEA

Tabla 4-4: Países y entidades con representación ante el Consorcio Bologna Process /European Higher Education Area - EHEA

País representado	Entidad de representación ante el Consorcio Bologna Process /EHEA
Austria	Österreichisches Nationalkomitee der FEANI
Bélgica	Comité des Ingénieurs Belges - Belgisch Ingenieurscomité (CIBIC)
Bulgaria	Federation of Scientific Technical Unions in Bulgaria (FNTS)
Croacia	Croatian Engineering Assosiation (HIS)
Chipre	FEANI Cyprus National Committee
República Checa	Czech Association of Scientific and Technical Societies (CSVTS)
Dinamarca	Ingeniørforeningen i Danmark (IDA)
Estonia	Estonian Association of Engineers
Finlandia	The Finnish National Committee for FEANI
Francia	Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF)
Alemania	Deutsches Nationalkomitee der FEANI
Grecia	Technical Chamber of Greece
Islandia	Association of Chartered Engineers of Iceland
Irlanda	Engineers Ireland
Italia	Consiglio Nazionale Ingegneri (CNI)
Kazajistán	Kazakhstan Society of Engineering Education (KasZee) (full member as of 2016)
Luxemburgo	Association Luxembourgeoise des Ingénieurs, Architectes, Scientifiques et Industriels (DA VINCI) (suspended member from 2016 to 2018)
Macedonia	Engineering Institution of Macedonia
Malta	Chamber of Engineers
Países Bajos	Royal Netherlands Society of Engineers KIVI
Noruega	Norwegian National Committee for FEANI
Polonia	Polish Federation of Engineering Associations
Portugal	Ordem dos Engenheiros
Rumania	The General Association of Engineers in Romania (AGIR)
Rusia	Russian Union of Scientific and Engineering Associations (RUSEA) (suspended member from 2016 to 2018)
Serbia	The Union of Engineers and Technicians of Serbia (UETS)
Eslovaquia	Slovak National Committee for FEANI (SNKF)
Eslovenia	Slovenian National Committee for FEANI
España	Comité Nacional Español de la FEANI
Suecia	Swedish National Committee for FEANI
Suiza	Schweizer Nationalkomitee für FEANI
Turquía	Union of Chamber of Turkish Engineers and Architects (full member as of 2017)
Ucrania	Union of Scientific and Engineering Associations of Ukraine (full member 2016)
Reino Unido	British National FEANI Committee

Fuente: Extractado y adaptado de European Federation of National Engineering Associations, recuperado de <https://www.feani.org/feani/membership-list-0> en septiembre 14 de 2018

En la tabla 4-4, se observan países en su gran mayoría de Europa Central y comparado con los países miembros del Acuerdo de Washington, se presentan similitudes con los países como Reino Unido, Turquía y Rusia. Esto quiere decir que estos países, presentan los dos acuerdos simultáneamente.

- Cobertura de las entidades certificadoras NCEES (National Council of Examiners for Engineering and Surveying) y FEANI (European Federation of National Engineering Association)

La cobertura presentada por la NCEES (National Council of Examiners for Engineering and Surveying), está en diez países. En primera instancia, está enfocada en todo el territorio estadounidense, teniendo en cuenta que la certificación profesional está reglamentada, respetando la independencia de cada uno de los estados. De igual manera, cubre los países como Canadá (provincias de Alberta, Manitoba, Columbia Británica, New Brunswick, Nueva Escocia y Price Edwards Island), Egipto, Japón, Corea del Sur, Taiwán, Turquía, Qatar, Arabia Saudita, emitas of Sharjah.

Con respecto a la cobertura de la certificación de la FEANI (European Federation of National Engineering Association), es similar a la cobertura presentada por el Consorcio Bologna Process /EHEA, pues la organización FEANI está amparada por el consorcio. La cobertura es de treinta y cuatro (34) países europeos.

- Cobertura de los Consejos Profesionales de Ingeniería

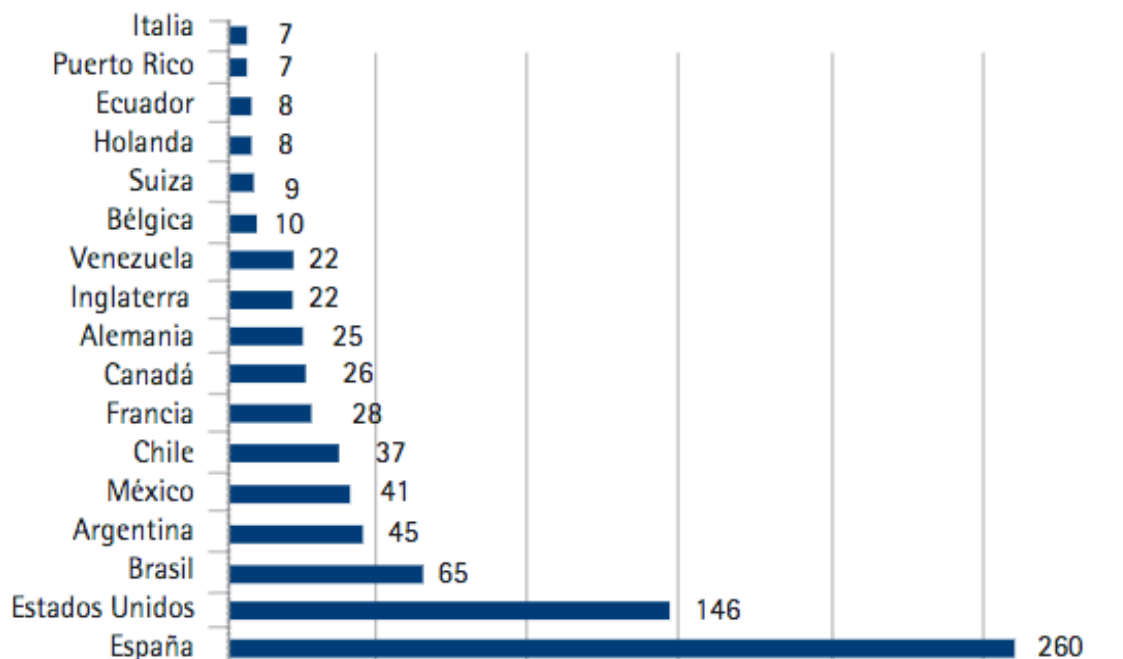
Dado que los Consejos Profesionales de Ingeniería, son entidades de apoyo y asesoría, como órgano consultivo del gobierno nacional, sus funciones están enfocadas a la inspección y vigilancia del ejercicio de la profesión de ingeniería y la ética del profesional de ingeniería según la Ley 842 de 2003. Por ende, los Consejos Profesionales de Ingeniería presenta cobertura únicamente en el territorio colombiano.

- *Subcriterio de la Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país (SC32):*

El número de profesionales de alta calificación que está en el país extranjero donde ejercerá su actividad profesional.

Teniendo en cuenta a Ramírez C. Mendoza L. (2012), Los colombianos de alta calificación que desempeñan sus actividades profesionales, fenómeno denominado como fuga de cerebros y en la actualidad se conoce como circularidad del capital humano (Ramírez C. Mendoza L. 2012). Los países que presentan mayor porcentaje de colombianos con altos estudios son España (260), Estados Unidos (146), Brasil (65), Argentina (45), México (41), Chile (37), Francia (28) y Canadá (26). Del mismo modo, en la Figura 4-2 de un total de 766 colombianos de alta formación (100%) los países que presentan mayor formación, la cantidad de colombianos es de 648 (84,6%).

Figura 4-2: Relación de países donde se han encontrado colombianos de alta formación



Fuente: Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia. <http://www.oim.org.co/publicaciones-oim/migracion-internacional/2576-perfil-migratorio-de-colombia-2012.html>

De otro lado, al revisar las cifras sobre los países que presentan mayor cantidad de colombianos emigrantes de alta calificación, son España y Francia, dentro de los países europeos; Estados Unidos, México y Canadá, dentro de los países de América del Norte; Brasil, Argentina y Chile, dentro de los países de América del Sur.

Como se puede observar el impacto que presentan los profesionales colombianos de alta calificación en el extranjero determina la importancia de la movilidad profesional internacional.

Otros aspectos que se analizaron y consideraron para complementar o fortalecer la propuesta metodológica: Número de profesionales extranjeros en Colombia y costos de la certificación.

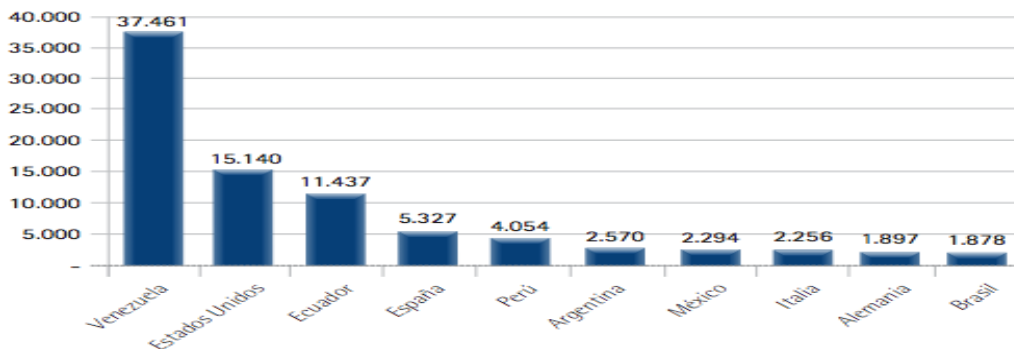
Número de profesionales extranjeros en Colombia

Teniendo en cuenta la realimentación recibida en las diferentes conferencias nacionales e internacionales donde se presentaron los avances de la investigación (Vasquez-Bernal, 2012); (Vasquez-Bernal & Aldana, 2012); (Vásquez-Bernal, 2014) y los análisis realizados en los artículos (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015a) y (Vásquez-Bernal; Cortés-Aldana, 2015b); se tuvo en cuenta el subcriterio del número de profesionales extranjeros en Colombia, por lo tanto, se realiza la descripción de dicho subcriterio.

▪ Subcriterio del Número de profesionales extranjeros en Colombia (SC33):

El número de extranjeros en Colombia, tomando como base el análisis del perfil migratorio de la Organización Internacional de las Migraciones (OIM) realizado por Ramírez C., Mendoza L. (2012) es mayor en los países como Venezuela: 37.461 (44,8%), Estados Unidos: 15.140 (17,9%), Ecuador: 11.437 (13,5%), España: 5.327 (6,3%), Perú: 4.054 (4,8%), Argentina: 2.570 (3,0%). A continuación, en la Figura 4-3., se muestra dicho comportamiento

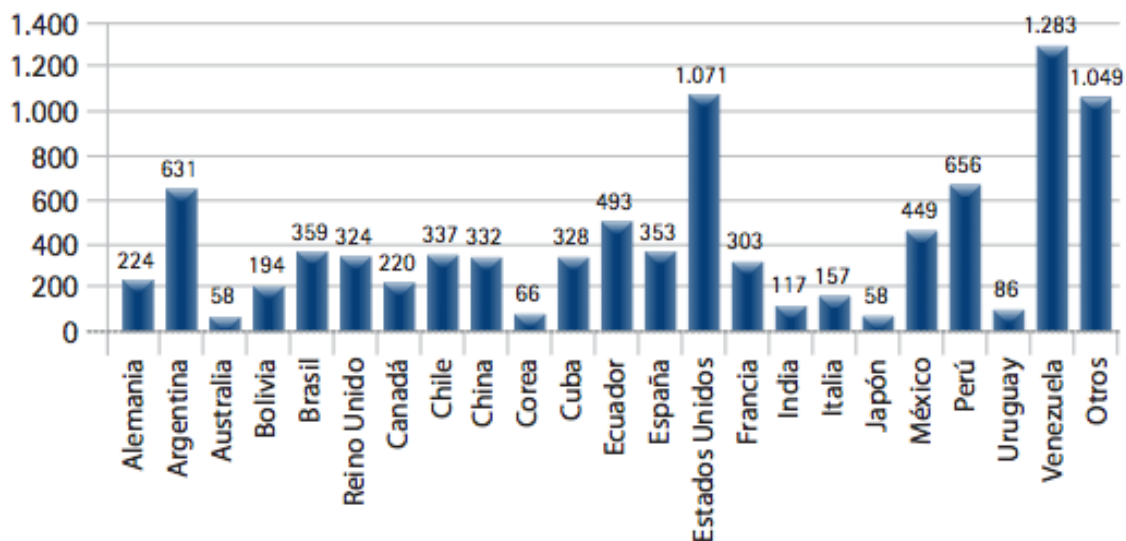
Figura 4-3: Número de extranjeros en Colombia, año 2010



Fuente: Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia. <http://www.oim.org.co/publicaciones-oim/migracion-internacional/2576-perfil-migratorio-de-colombia-2012.html>

Por otra parte, se observan los análisis realizados por Ramírez C., Mendoza L. (2012), a los extranjeros con permiso en el ámbito de migración laboral por nacionalidad, tomando como base las estadísticas del informe denominado “Características de la situación laboral de la población extranjera en Colombia. 2009” (UNAD 2010), se observa que los países que presentan mayor número de inmigrantes son Venezuela (1.283), Estados Unidos (1.071), Perú (656), Argentina (631), Ecuador (493) y México (449)

Figura 4-4: Número de extranjeros con permiso en migración laboral



Fuente: Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia. <http://www.oim.org.co/publicaciones-oim/migracion-internacional/2576-perfil-migratorio-de-colombia-2012.html>

En las figuras 4-3 y 4-4 respectivamente, se puede observar similitudes en los países con mayor número de inmigrantes: Venezuela, Estados Unidos, Perú y Argentina, esto determina la necesidad de establecer criterios de certificación que aseguren la profesión de ingeniería en Colombia.

Costos de la certificación

Se consideró un subcriterio dentro del criterio del impacto de la certificación, el denominado como “costos de la certificación”. Se realizó la revisión documental para extractar la información relevante que determinara la importancia de ese subcriterio, dentro de las alternativas, presentando diferencias en las características a considerar.

Por ejemplo, para el Consorcio Washington Accord, se establecen los costos para el proceso de implementación en las entidades (universidades) y los costos relacionados con auditoría y acreditación institucional.

De otro lado, para el caso de la organización certificadora NCESS, se contemplan los costos para la presentación de los exámenes de Fundamentals Engineering (FE) y Professional Engineering (PE) que debe invertir un profesional de ingeniería.

Para el Consorcio Bologna Process / EHEA no presenta información disponible de costos; en el caso de la organización certificadora FEANI, el proceso de certificación y aplicación del examen no es posible realizarlo directamente desde Colombia, sino que es necesario realizar la convalidación de títulos con una institución europea, para luego realizar el proceso de examen, por parte del profesional.

Por otro lado, para los Consejos Profesionales de Ingeniería, se presentan los costos para la expedición de la tarjeta profesional, inversión que debe realizar el profesional.

Estas diferencias en las características de los costos asociados con la certificación profesional (tanto para el profesional, como para la implementación en las entidades) y la falta de suficiente información acerca de los mismos, dificultan la posibilidad de unificar y establecer un referente, para ser considerado como subcriterio, dentro de la propuesta metodológica.

Siguiendo con la aplicación de la metodología propuesta, se presenta la actividad de análisis del facilitador, que funciona en doble vía para cada uno de los pasos y las fases de la metodología. A continuación, se describe la importancia del facilitador en la aplicación de la metodología.

▪ **Análisis del facilitador**

Se entiende como facilitador, el profesional que orienta el proceso de aplicación de la metodología para la priorización de los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería.

Las competencias y habilidades determinadas para el facilitador están relacionadas con el conocimiento de la profesión de ingeniería, la normatividad y reglamentación relevante, con experiencia en procesos de acreditación institucional de programas de ingeniería e investigador asiduo del tema referente a la certificación profesional de ingeniería.

Dentro de sus actividades está contempladas las actividades de revisión, análisis de información de las alternativas, criterios y subcriterios; el diseño y aplicación de instrumentos para la recolección de datos, la conformación del panel de expertos (aplicado en la Fase 3. Proceso de revisión externa), la aplicación de la técnica AHP, el análisis y descripción de los resultados.

En la aplicación de la metodología propuesta, las actividades que realiza el facilitador son fundamentales para el cumplimiento de objetivos y la meta propuesta de “Establecer el modelo más apropiado de certificación para los profesionales de ingeniería en Colombia”, (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

El facilitador realizó los pasos relacionados con la Fase 2. Proceso de revisión de alternativas y criterios, presentados como resultado en el estudio preliminar los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

A continuación, se describe de manera detallada los pasos relacionados con la Fase 2 de la metodología propuesta.

Fase 2. Proceso de revisión de alternativas y criterios

En esta fase, se realizan los pasos de revisión de alternativas, criterios y subcriterios, la aplicación de AHP para la selección y ponderación de pesos de los criterios y subcriterios y se analizan los resultados presentados después de la aplicación de AHP. Estos resultados son apoyados por los resultados preliminares publicados por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015).

▪ Paso 6. Revisión de las alternativas, criterios y subcriterios.

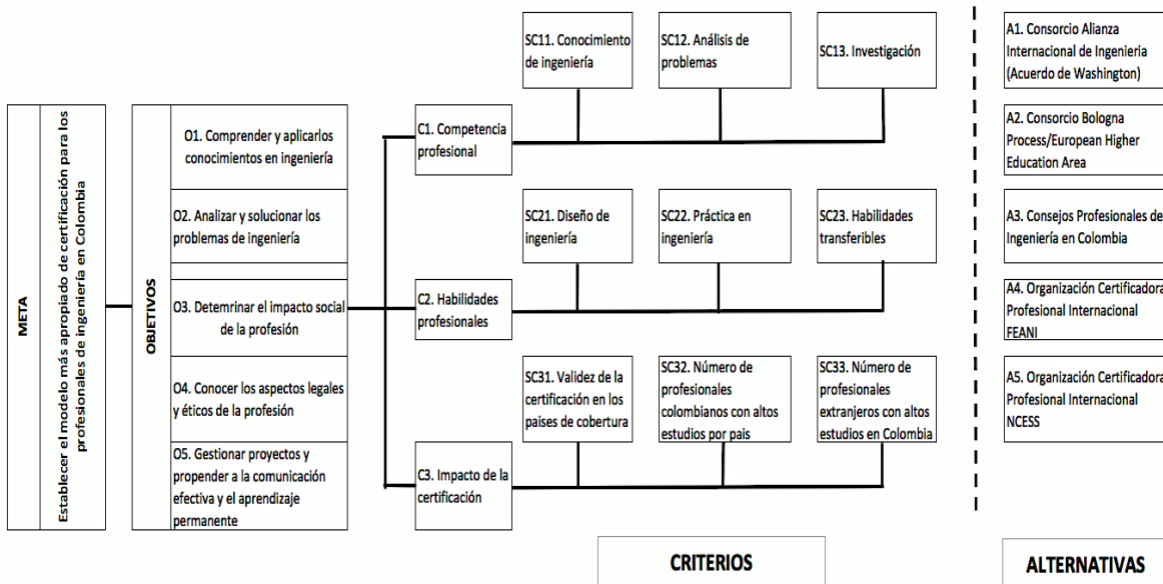
En este paso, se realizó la comparación entre los criterios, subcriterios y las alternativas mediante la comparación de las preferencias del decisor con las diferentes posibilidades de elección para satisfacer la decisión (Barba-Romero & Pomerol, 1997).

A partir de la revisión del estado de conocimiento de las alternativas, los criterios y los subcriterios, se determinó la importancia por medio de la comparación de los aspectos y elementos que los relacionan.

En primera medida, se define el componente del criterio – subcriterio y se determina la condición de maximizar o minimizar (si es el caso), con el fin de priorizar cada uno de los criterios. Para una mejor comprensión de cada uno de los criterios y subcriterios, se explican de manera separada.

A partir de la descripción de los criterios, subcriterios y alternativas, se procede a establecer la jerarquía de análisis multicriterio. En la Figura 4-5, se muestra la jerarquización meta-objetivos, criterios y alternativas, teniendo en cuenta el Enfoque Basado en metas (Carlson et al., 2008) y el Análisis multicriterio (Barba-Romero & Pomerol, 1997)

Figura 4-5: Estructura jerárquica de meta-objetivos, criterios y alternativas, a partir de los análisis y modificaciones realizadas de Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015)



Análisis del criterio C1. Competencia profesional y el subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería, con las alternativas

Se realiza la revisión del componente del criterio-subcriterio con respecto a cada una de las alternativas: Consorcio Washington Accord, Consorcio Bologna Process/EHEA, entidad certificadora NCESS, entidad certificadora FEANI y los consejos profesionales de ingeniería y se revisó la literatura relevante de los atributos presentados en cada alternativa, presentando los siguientes elementos.

En la Tabla 4-5, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de competencia profesional y el subcriterio de conocimiento de ingeniería.

Tabla 4-5: Descripción del criterio competencia profesional, subcriterio de conocimiento de ingeniería y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C1. Competencia profesional	SC11. Conocimiento de ingeniería	Entender las competencias básicas de la ingeniería y la aplicación de los diferentes aspectos de las matemáticas y las ciencias. (Maximizar)
	SC12. Análisis de problemas (complejidad de análisis)	La aplicación de las competencias de la ingeniería para la solución de problemas complejos (Maximizar)
	SC13. Investigación	La capacidad de aplicar el método científico en la solución de problemas, el cambio técnico continuo sobre el área en que se desempeña el profesional, con la actitud de buscar la innovación y creatividad dentro de la profesión de ingeniería (Maximizar)

Con respecto a la alternativa del Consorcio Washington Accord, se presentan tres atributos relacionados con el subcriterio de conocimiento en ingeniería, los cuales se detallan a continuación:

- WK1.Comprensión sistemática de las ciencias naturales aplicables a la disciplina en ingeniería

- WK2. Conceptos basados en matemáticas, análisis numérico, estadística, aspectos formales de computación y ciencias de la información que soporten el análisis y la aplicación de modelización en la disciplina de la ingeniería.
- WK3. Formación teórica en fundamentos de ingeniería requeridos en la en la disciplina de la ingeniería.

Estos atributos son indicados en la Tabla 2-1 en el capítulo 2 de este documento.

(Perfiles de conocimiento de ingeniería³⁷).

Con respecto al Consorcio Bologna Process/EHEA, se presenta un atributo relacionado con el subcriterio de conocimiento de ingeniería, indicado en la Tabla 2-4 del capítulo 2 en este documento, en los Descriptores de Dublin³⁸ Este atributo se denomina: Conocimiento y comprensión.

Con respecto a la entidad certificadora NCESS, se presentan dos atributos relacionados con el subcriterio de conocimiento de ingeniería. Estos atributos son las competencias en matemáticas, física y demás ciencias básicas y las competencias complementarias a los contenidos básicos del currículo³⁹

La entidad certificadora FEANI, presenta un atributo relacionado con el subcriterio de conocimiento de ingeniería. Este atributo es el de Conocimiento y comprensión: Un conocimiento profundo de los principios de la ingeniería, con base en las matemáticas y una combinación de temas científicos propios de su disciplina («Guide to the FEANI Register 2013.pdf», s. f.)

³⁷ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

³⁸ Traducido y adaptado de “A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area- Bologna Working Group on Qualifications Frameworks” Apéndice 8 P. 193 extractado de: http://ecahe.eu/w/images/7/76/A_Framework_for_Qualifications_for_the_European_Higher_Education_Area.pdf

³⁹ Extractado de NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors. (01 de Abril de 2015). *NCEES Engineering Education Standard*. Obtenido de <http://ncees.org/wp-content/uploads/2012/11/NCEES-Engineering-Education-Standard.pdf>
<http://ncees.org/engineering/ncees-engineering-education-standard/>

Los Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia bajo la Ley 842 de 2003, no consideran atributos relacionados con el subcriterio de conocimiento de ingeniería.

Análisis del criterio C1. Competencia profesional y el subcriterio SC12. Análisis de problemas (complejidad de análisis), con las alternativas

En la Tabla 4-6 se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de competencia profesional y el subcriterio de análisis de problemas (complejidad de análisis).

Tabla 4-6: Descripción del criterio competencia profesional, subcriterio de Análisis de problemas (complejidad de análisis) y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C1. Competencia profesional	SC11. Conocimiento de ingeniería	Entender las competencias básicas de la ingeniería y la aplicación de los diferentes aspectos de las matemáticas y las ciencias. (Maximizar)
	SC12. Análisis de problemas (complejidad de análisis)	La aplicación de las competencias de la ingeniería para la solución de problemas complejos (Maximizar)
	SC13. Investigación	La capacidad de aplicar el método científico en la solución de problemas, el cambio técnico continuo sobre el área en que se desempeña el profesional, con la actitud de buscar la innovación y creatividad dentro de la profesión de ingeniería (Maximizar)

La alternativa del Consorcio Washinton Accord presenta dos atributos relacionados con el subcriterio de análisis de problemas (complejidad de análisis), estos atributos se describen a continuación:

- WK4. Conocimiento especializado en ingeniería que provea marcos teóricos y cuerpos de conocimiento aceptables en el área de ingeniería, de gran importancia para la ingeniería.
- WA2. Identifica, formula, investiga, en la literatura relevante. Analiza problemas complejos de ingeniería, manteniendo conclusiones sustentadas, usando los principios de las matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la ingeniería.

De igual forma, estos atributos están indicados en la Tabla 2-1 Perfiles de conocimiento de ingeniería⁴⁰ y en la Tabla 2-2 Perfiles característicos del graduado en ingeniería⁴¹ del capítulo 2 de este documento.

La alternativa Consorcio Bologna Process/EHEA, presenta un atributo relacionado con el subcriterio de análisis de problemas (complejidad de análisis), indicado en la Tabla 2-4. Descriptores de Dublín⁴², denominado como aplicación del conocimiento y comprensión.

La alternativa de la entidad certificadora NCEES, no presenta atributos relacionados con el subcriterio de análisis de problemas (complejidad de análisis).

La alternativa de la entidad certificadora FEANI, presenta un atributo relacionado, denominado análisis de ingeniería – capacidad para aplicar los métodos teóricos y prácticos adecuados para el análisis y solución de problemas de ingeniería. («Guide to the FEANI Register 2013.pdf», s. f.)

La alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería, bajo la Ley 842 de 2003, no presenta atributos relacionados con el subcriterio de análisis de problemas (complejidad de análisis).

⁴⁰ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

⁴¹ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

⁴² Traducido y adaptado de “A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area- Bologna Working Group on Qualifications Frameworks” Apéndice 8 P. 193 extractado de: http://ecahe.eu/w/images/7/76/A_Framework_for_Qualifications_for_the_European_Higher_Education_Area.pdf

Análisis del criterio C1. Competencia profesional y el subcriterio SC13. investigación, con las alternativas

En la Tabla 4-7., se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de competencia profesional y el subcriterio de investigación.

Tabla 4-7: Descripción del criterio competencia profesional, subcriterio de investigación y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C1. Competencia profesional	SC11. Conocimiento de ingeniería	Entender las competencias básicas de la ingeniería y la aplicación de los diferentes aspectos de las matemáticas y las ciencias. (Maximizar)
	SC12. Análisis de problemas (complejidad de análisis)	La aplicación de las competencias de la ingeniería para la solución de problemas complejos (Maximizar)
	SC13. Investigación	La capacidad de aplicar el método científico en la solución de problemas, el cambio técnico continuo sobre el área en que se desempeña el profesional, con la actitud de buscar la innovación y creatividad dentro de la profesión de ingeniería (Maximizar)

Con respecto a la alternativa de Washington Accord, presenta dos atributos relacionados con el subcriterio de investigación. Tales atributos se describen a continuación:

- WK5. Compromiso de investigación en el área de la disciplina de la ingeniería
- WA4. Conducir investigaciones de problemas complejos, usando el conocimiento basado en investigación y métodos de investigación, incluyendo diseño de experimentos, análisis e interpretación de datos y síntesis de información para proveer conclusiones válidas.

Estos atributos están indicados en la Tabla 2-1 Perfiles de conocimiento de ingeniería⁴³ y en la Tabla 2-2 Perfiles característicos del graduado en ingeniería⁴⁴ respectivamente.

Con respecto al Consorcio Bologna Process/EHEA, no presenta atributos relacionados con el subcriterio de investigación

La alternativa de la entidad certificadora NCEES, no presenta atributos relacionados con el subcriterio de investigación

La alternativa de la entidad certificadora FEANI, presenta un atributo relacionado con el subcriterio de investigación. Se conoce como investigaciones y se define como la conciencia del cambio técnico continuo y el fomento de una actitud de buscar la innovación y la creatividad dentro de la profesión de ingeniería. («Guide to the FEANI Register 2013.pdf», s. f.)

La alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería, bajo la Ley 842 de 2003, no incluyen atributos relacionados con el subcriterio de investigación.

⁴³ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagreements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

⁴⁴ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagreements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

Análisis del criterio C2. Habilidades profesionales y el subcriterio SC21. Diseño de ingeniería, con las alternativas

En la Tabla 4-8, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de habilidades profesionales y el subcriterio de diseño de ingeniería.

Tabla 4-8: Descripción del criterio de habilidades profesionales, subcriterios de diseño de ingeniería y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C2. Habilidades profesionales	SC21. Diseño de ingeniería	Competencias en el análisis de los aspectos de diseño, estructurales, cálculos de ingeniería, conceptual, básica y de detalle. (Maximizar)
	SC22. Práctica en ingeniería	Experiencia en el desarrollo de la ingeniería. (Maximizar)
	SC23. Habilidades transferibles	Capacidad de desarrollar trabajo en equipo, la conformación de grupos de trabajo para la solución de problemas de ingeniería, el trabajo ético, la relación de su profesión con la sociedad. (Maximizar)

Con respecto a la alternativa Consorcio Washington Accord, se presentan dos atributos relacionados con el subcriterio de diseño de ingeniería. Estos atributos expuestos en la Tabla 2-1 Perfiles de conocimiento de ingeniería⁴⁵ y en la Tabla 2-2 Perfiles característicos del graduado en ingeniería⁴⁶ del capítulo 2 de este documento, se enuncian a continuación:

- WK5. Conocimiento que soporte el diseño en ingeniería en el área práctica
- WA3. Diseño de soluciones para problemas complejos de ingeniería y diseño de sistemas, componentes o procesos que encuentran necesidades específicas con la apropiada consideración del impacto de la seguridad de salud pública y las consideraciones de los impactos culturales, en la sociedad y en el ambiente.

⁴⁵ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

⁴⁶ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

En el Consorcio Bologna Process/EHEA, no se presentan atributos relacionados con el subcriterio de diseño de ingeniería.

En la entidad certificadora NCESS se presentan dos atributos relacionados con el subcriterio de diseño de ingeniería. Estos atributos son las competencias en ciencias de la ingeniería y las competencias en el diseño de ingeniería⁴⁷.

En la entidad certificadora FEANI, se presenta un atributo relacionado con el subcriterio de diseño de ingeniería. Este atributo está enfocado en el diseño de ingeniería, en el conocimiento del uso de las tecnologías existentes y emergentes pertinentes y el conocimiento de las normas y regulaciones propias a su campo de especialización. Este atributo se indica en el documento FEANI Guide («Guide to the FEANI Register 2013.pdf», s. f.)

La alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería, bajo la Ley 842 de 2003, no se consideraron atributos específicos relacionados con el subcriterio de diseño de ingeniería.

⁴⁷ Extractado de NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors. (01 de Abril de 2015). *NCEES Engineering Education Standard*. Obtenido de

<http://ncees.org/wp-content/uploads/2012/11/NCEES-Engineering-Education-Standard.pdf>

<http://ncees.org/engineering/ncees-engineering-education-standard/>

Análisis del criterio C2. Habilidades profesionales y el subcriterio SC22. Práctica en ingeniería, con las alternativas

En la Tabla 4-9, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de habilidades profesionales y el subcriterio de práctica en ingeniería.

Tabla 4-9: Descripción del criterio de habilidades profesionales, subcriterios de práctica en ingeniería y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C2. Habilidades profesionales	SC21. Diseño de ingeniería	Competencias en el análisis de los aspectos de diseño, estructurales, cálculos de ingeniería, conceptual, básica y de detalle. (Maximizar)
	SC22. Práctica en ingeniería	Experiencia en el desarrollo de la ingeniería. (Maximizar)
	SC23. Habilidades transferibles	Capacidad de desarrollar trabajo en equipo, la conformación de grupos de trabajo para la solución de problemas de ingeniería, el trabajo ético, la relación de su profesión con la sociedad. (Maximizar)

Con respecto a la alternativa Consorcio Washington Accord, se presentan cinco atributos, indicados en la Tabla 2-1 Perfiles de conocimiento de ingeniería⁴⁸, Tabla 2-2 Perfiles característicos del graduado en ingeniería⁴⁹ y Tabla 2-3 Perfiles de competencias del profesional de ingeniería⁵⁰. Estos atributos se describen a continuación:

- WK6. Conocimiento en la práctica de la ingeniería y la tecnología de la ingeniería en las áreas disciplinares de la ingeniería

⁴⁸ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

⁴⁹ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

⁵⁰ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

- EC5. Evalúa los resultados e impactos de actividades complejas
- EC9. Gestionar las actividades de ingeniería (Tipos de Actividad)
- EC12. Juicio- Reconocer la complejidad y evaluar alternativas a la luz de los requisitos de competencia y conocimiento incompleto. Ejercer buen juicio en el curso de sus actividades complejas
- EC13. La responsabilidad de las decisiones: (Tipo de la actividad para la que se toma la responsabilidad).

La alternativa Consorcio Bologna Process/EHEA, presenta un atributo denominado capacidad en emitir juicios.

En la alternativa de la entidad certificadora NCESS, no se presentan atributos relacionados con el subcriterio práctica en ingeniería.

En la entidad certificadora FEANI, se presenta un atributo relacionado con el subcriterio, denominado práctica de ingeniería y está definido como el conocimiento general de la buena práctica de la ingeniería, en su campo de la ingeniería y de las propiedades, el comportamiento, la fabricación y uso de materiales, componentes y software.

La alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería, bajo la Ley 842 de 2003, se incluyeron tres atributos relacionados el subcriterio de práctica en ingeniería. Estos atributos se encuentran organizados en artículos y literales, teniendo en cuenta que es una Ley del Congreso de la República de Colombia; a saber:

- Artículo 33. Deberes especiales a los profesionales para con la sociedad
 - Literal d) Estudiar cuidadosamente el ambiente que será afectado en cada propuesta de tarea, evaluando los impactos ambientales en los ecosistemas involucrados, urbanizados o naturales, incluido el entorno socioeconómico, seleccionando la mejor alternativa para contribuir a un desarrollo ambientalmente sano y sostenible.
 - Literal f) Ejercer la profesión sin supeditar sus conceptos o sus criterios profesionales a actividades partidistas
- Artículo 34 Prohibiciones especiales al profesional para con la sociedad
 - Literal e) iniciar o permitir el inicio de obras de construcción sin haber obtenido de la autoridad competente la respectiva licencia o autorización.

Análisis del criterio C2. Habilidades profesionales y el subcriterio SC23. Habilidades transferibles, con las alternativas

En la Tabla 4-10, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de habilidades profesionales y el subcriterio de habilidades transferibles.

Tabla 4-10: Descripción del criterio de habilidades profesionales, subcriterios de habilidades transferibles y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C2. Habilidades profesionales	SC21. Diseño de ingeniería	Competencias en el análisis de los aspectos de diseño, estructurales, cálculos de ingeniería, conceptual, básica y de detalle. (Maximizar)
	SC22. Práctica en ingeniería	Experiencia en el desarrollo de la ingeniería. (Maximizar)
	SC23. Habilidades transferibles	Capacidad de desarrollar trabajo en equipo, la conformación de grupos de trabajo para la solución de problemas de ingeniería, el trabajo ético, la relación de su profesión con la sociedad. (Maximizar)

Con respecto a la alternativa consorcio Washington Accord, se presentan nueve atributos, indicados en la Tabla 2-1 Perfiles de conocimiento de ingeniería⁵¹, Tabla 2-2 Perfiles característicos del graduado en ingeniería⁵² y Tabla 2-3 Perfiles de competencias del profesional de ingeniería⁵³ los cuales se describen a continuación:

- WK7. Comprensión del rol del ingeniero en la sociedad y la identificación de los aspectos de la aplicación de la ingeniería: ética, responsabilidad profesional, seguridad pública, los impactos de las actividades de ingeniería en lo social, económico, cultural, ambiental y sostenibilidad.

⁵¹ Traducido y adaptado de Graduate Attributes an Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013. Numeral 5.1. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

⁵² Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>

⁵³ Traducido y adaptado de Graduate Attributes and Professional Competencies, International Engineering Alliance, Versión 3, 21 Junio 2013 Numeral 5.2. Este documento está disponible en <http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>

- WA5. Uso de herramientas modernas (Nivel de entendimiento del uso apropiado de herramientas).
- WA7. Medio Ambiente y Sostenibilidad (Tipo de soluciones)
- WA8. Ética (entendimiento y nivel de práctica)
- WA9. Trabajo individual y en equipo (Papel y diversidad en equipo)
- WA10. Comunicación (Nivel de comunicación acorde con el tipo de actividades desempeñadas)
- WA11. Gestión de Proyectos y Finanzas (Nivel de gestión requerido por diferentes tipos de actividad)
- WA12. Aprendizaje permanente (preparación y profundización del aprendizaje permanente)
- EC7. Legislación y reglamentación (No diferenciación en esas características).

La alternativa Consorcio Bologna Process/EHEA, presenta dos atributos relacionados con el subcriterio de las habilidades transferibles; la capacidad de comunicación y las habilidades de aprendizaje.

En la entidad certificadora NCEES, no se presentan atributos relacionados con el subcriterio.

En la entidad certificadora FEANI, se presentan seis atributos relacionados con el subcriterio de habilidades transferibles, denominados como:

- La comprensión de la profesión de la ingeniería y la obligación de servir a la sociedad, la profesión y el medio ambiente, a través del compromiso de aplicar el código apropiado de conducta profesional.
- Una habilidad en la ingeniería económica, garantía de calidad, facilidad de mantenimiento (mantenibilidad), y el uso de información técnica y estadística.
- La capacidad de trabajar con otros en proyectos multidisciplinarios.
- La capacidad de ofrecer un liderazgo que abarca consideraciones de gestión, técnicos, financieros y humanos.
- Habilidades de comunicación y con la obligación de mantener la competencia de un desarrollo profesional continuo (DPC).

- El dominio de los idiomas europeos, que faciliten la comunicación cuando se trabaja en toda Europa.

Con respecto a la alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería, bajo la Ley 842 de 2003, se consideran catorce atributos relacionados con el subcriterio de habilidades transferibles, tales como:

- Artículo 31. Deberes generales de los profesionales
 - Literal a) cumplimiento requerimientos
 - Literal b) custodia y cuidado de bienes
 - Literal e) Permitir el acceso a las autoridades
 - Literal g) Cumplimiento de los demás deberes relacionados con la profesión
- Artículo 32 Prohibiciones generales a los profesionales
 - Literal a) Ejercicio ilegal de la profesión
 - Literal c) Aceptar sobornos
 - Literal d) Ejecutar actos de violencia a superiores, compañeros, subalternos
 - Literal f) Incumplimiento de obligaciones civiles, comerciales o laborales.
 - Literal i) Incumplir decisiones disciplinarias
- Artículo 33 Deberes especiales de los profesionales para con la sociedad
 - Literal h) Proteger la vida y salud de los miembros de la comunidad, evitando riesgos innecesarios en la ejecución de los trabajos
 - Literal i) Abstenerse de emitir conceptos profesionales, sin tener la convicción absoluta de estar debidamente informados al respecto;
- Artículo 34. Prohibiciones especiales a los profesionales para con la sociedad
 - Literal a) Ofrecer o aceptar trabajos en contra de las disposiciones legales vigentes, o aceptar tareas que excedan la incumbencia que le otorga su título y su propia preparación;
 - Literal b) Imponer su firma, a título gratuito u oneroso, en planos, especificaciones
 - Literal c) Expedir, permitir o contribuir para que se expidan títulos, sin el cumplimiento de requisitos.

Análisis del criterio C3. Impacto de la certificación y el subcriterio SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura, con las alternativas

En la Tabla 4-11, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de validez de la certificación en los países de cobertura.

Tabla 4-11: Descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de validez de la certificación en los países de cobertura y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C3. Impacto de la certificación	SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura	Cantidad de países donde presenta validez la certificación. (Maximizar)
	SC32. Número de profesionales colombianos con altos estudios por país	Cantidad de profesionales colombianos que se encuentra en determinado país, que ejercen la profesión. (Maximizar)
	SC33. Número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia	Cantidad de profesionales extranjeros que ejercen la profesión en Colombia. (Maximizar)

La alternativa de Consorcio Washington Accord presenta validez de cobertura en veintitrés países. En estos territorios presentan una representación completa y en otros países una representación parcial. Esta condición depende del alcance de la certificación (para determinadas profesiones u oficios). A continuación, se detallan los países que presentan validez en la cobertura:

- *Países (territorios) con representación completa:*

Australia, Canadá, China, Taipéi China, Hong Kong China, India, Japón, Corea, Malasia, Nueva Zelanda, Rusia, Singapur, Sudáfrica, Sri-Lanka, Turquía, Estados Unidos, Reino Unido

- *Países (territorios) con representación parcial:*

Bangladesh, Costa Rica, México, Pakistán, Perú, Filipinas

La alternativa Consorcio Bologna Process/EHEA, presenta la validez de cobertura en treinta y cuatro países tales como:

Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Kazajistán, Luxemburgo, Macedonia, Malta, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Serbia, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, Reino Unido.

La alternativa de la entidad certificadora NCEES, presenta validez de cobertura en diez países tales como:

Estados Unidos en la totalidad de sus estados, Canadá en las provincias de Alberta, Manitoba, Columbia Británica, New Brunswick, Nueva Escocia, Prince Edward Island; Egipto, Japón, Corea del Sur, Taiwán, Turquía, Qatar, Arabia Saudita, Emirate of Sharjah.

La alternativa de la entidad certificadora FEANI, presenta el mismo número de países de cobertura que el consorcio Bologna Process, treinta y cuatro países de cobertura, tales como:

Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Kazajistán, Luxemburgo, Macedonia, Malta, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Serbia, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, Reino Unido.

Con respecto a la alternativa de los Consejos Profesionales de Ingeniería, bajo la Ley 842 de 2003, solamente es válida para ejercer la profesión en Colombia

Análisis del criterio C3. Impacto de la certificación y el subcriterio SC32. Número de profesionales colombianos con altos estudios por país en el exterior, con las alternativas

En la Tabla 4-12, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de número de profesionales colombianos con altos estudios por país en el exterior.

Tabla 4-12: Descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de Número de profesionales colombianos con altos estudios por país en el exterior y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C3. Impacto de la certificación	SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura	Cantidad de países donde presenta validez la certificación. (Maximizar)
	SC32. Número de profesionales colombianos con altos estudios por país	Cantidad de profesionales colombianos que se encuentra en determinado país, que ejercen la profesión. (Maximizar)
	SC33. Número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia	Cantidad de profesionales extranjeros que ejercen la profesión en Colombia. (Maximizar)

Tomando como base la Figura 4-2 (p. 95): Relación de países donde se han encontrado colombianos de alta formación⁵⁴, se observa que los países que presentan mayor número de profesionales colombianos con altos estudios en el exterior se concentran en España con 260 profesionales (33.94%) y Estados Unidos con 146 profesionales (19.06%). Por otra parte, existe una dispersión de colombianos en los países europeos como Francia, Alemania, Inglaterra, Bélgica, Suiza, Holanda e Italia, en un número de 109 profesionales (14.23%). Es importante observar que los países latinoamericanos tales como Brasil, Argentina, México y Chile, presenta un número de profesionales en el exterior (24,5% del total del estudio)

⁵⁴ Fuente: Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia. <http://www.oim.org.co/publicaciones-oim/migracion-internacional/2576-perfil-migratorio-de-colombia-2012.html>

Realizando una revisión de estos porcentajes, para el caso de la cobertura del consorcio Washington Accord, presenta una participación importante en Estados Unidos y Canadá con 172 profesionales (22.46%), mientras que en el consorcio Bologna Process/EHEA, presenta una participación importante con 369 profesionales (48.17%) ubicados en países tales como Italia, Holanda, Suiza, Bélgica, Inglaterra, Alemania, Francia y España.

Con respecto a las alternativas de las entidades certificadoras NCESS y FEANI, presenta la misma correlación expuesta anteriormente, presentando aspectos interesantes de una mayor tendencia en los países europeos.

Con respecto a la alternativa de los consejos profesionales de ingeniería, no aplica este análisis.

Análisis del criterio C3. Impacto de la certificación y el subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia, con las alternativas

En la Tabla 4-13, se indica en el área sombreada, la descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia.

Tabla 4-13: Descripción del criterio de impacto de la certificación y el subcriterio de número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia y componentes

Criterios	Subcriterios	Componente del criterio-subcriterio
C3. Impacto de la certificación	SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura	Cantidad de países donde presenta validez la certificación. (Maximizar)
	SC32. Número de profesionales colombianos con altos estudios por país	Cantidad de profesionales colombianos que se encuentra en determinado país, que ejercen la profesión. (Maximizar)
	SC33. Número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia	Cantidad de profesionales extranjeros que ejercen la profesión en Colombia. (Maximizar)

Para realizar el análisis de la alternativa relacionada con el número de profesionales extranjeros con altos estudios en Colombia, es pertinente revisar las figuras 4-3 y 4-4 (pp. 96 y 97), donde se muestra el comportamiento de la cantidad de extranjeros por país que se encuentran en Colombia. Profesionales de Estados Unidos y Venezuela, con los que marcan mayor tendencia, seguido por Argentina, Perú y Ecuador, principalmente. Estos resultados fueron analizados a partir de las investigaciones desarrolladas por Ramírez C.,

Mendoza L. (2012), no obstante, es pertinente revisar la situación geopolítica en el vecindario latinoamericano, principalmente con Venezuela, con la posibilidad de incremento de extranjeros por causa de la situación política en dicho país.

- **Paso 7. Aplicación de AHP para la selección y ponderación de pesos de criterios y subcriterios**

Tomando como base el análisis preliminar de los criterios de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, publicado por Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015), se muestra el análisis y priorización de criterios preliminares realizado por el facilitador en el papel de experto, para el desarrollo de las comparaciones de las alternativas, criterios y subcriterios. El procedimiento y desarrollo de la aplicación de AHP está incluido en el [Anexo H](#). De otro lado, los cálculos realizados de la técnica AHP se incluyen en el [Anexo I](#).

A continuación, en la Tabla 4-14 extractada originalmente del artículo publicado por Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015), se muestra el análisis de pesos de los criterios en cada uno de los niveles de jerarquía.

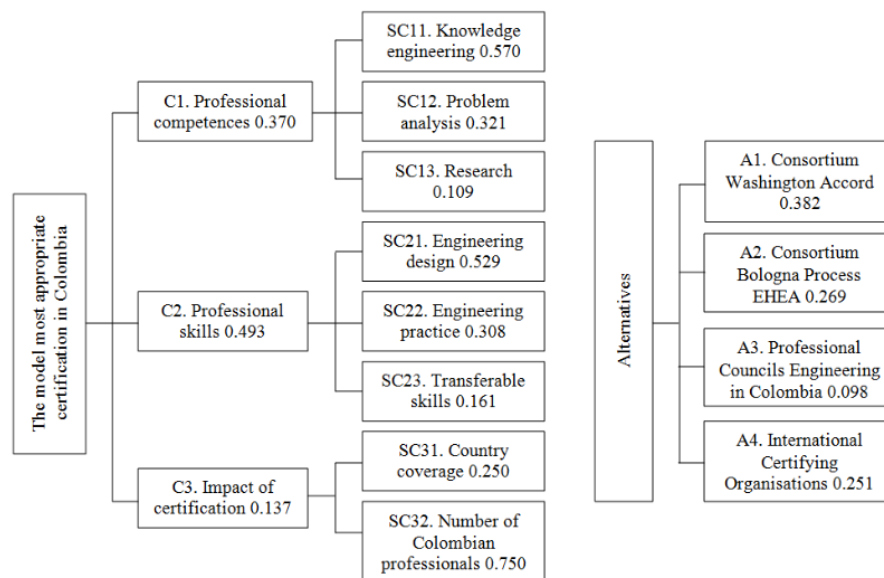
Tabla 4-14: Evaluación de los índices de pesos de los criterios para los profesionales de ingeniería

First level index		Second level index	
Criteria	Criteria weights	Sub-criteria	Sub-criteria weights
C1. Professional competence	0.370	SC11. Knowledge engineering	0.570
		SC12. Problem analysis (complexity analysis)	0.321
		SC13. Research	0.109
C2. Professional skills	0.493	SC21. Engineering design	0.529
		SC22. Engineering practice	0.308
		SC23. Transferable skills	0.161
C3. Impact of certification	0.137	SC31. Country coverage valid certification	0.250
		SC32. Number of Colombian professionals highly rated by country	0.750

Note: Rating alternatives and criteria

Por otra parte, se expuso el diagrama jerárquico, como resultado del análisis y priorización de criterios, en el artículo publicado por Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015)

Figura 4-6: Diagrama jerárquico del modelo más apropiado para la certificación de profesionales de ingeniería en Colombia (Objetivo, criterios, subcriterios y alternativas)



Fuente: El autor A partir de Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015).

En la Figura 4-6, se muestra el diagrama jerárquico del objetivo, los criterios, subcriterios y alternativas que se consideraron en el análisis preliminar de criterios según Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015).

A partir de este análisis preliminar, se tomaron en cuenta las observaciones recolectadas y la realimentación recibida de los diferentes congresos nacionales e internacionales. Como elementos diferenciadores, se tuvieron en cuenta detallar más la alternativa de organizaciones certificadoras internacionales, analizando por separado la organización certificadora NCESS y la organización certificadora FEANI. Por otro lado, se incluyó otro subcriterio relacionado con el criterio del impacto de la certificación. La descripción de estos nuevos factores se desarrolló en el paso 5 de la metodología y se profundizó y comparó con los criterios y subcriterios en el paso 6 de la metodología. Como resultado de estos análisis, se construyó la matriz de decisión, indicada en la Tabla 4-14.

Tabla 4-15: Matriz de decisión

Criterios	Subcriterios	Unidades	A1. Washington Accord	A2. Bologna Process/EHEA	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. Consejos Prof. Ingeniería	Tendencia
C1. Competencia profesional	SC11. Conocimiento de ingeniería	# elementos presentados	3	1	2	1	0	Maximizar
	SC12. Análisis de problemas (complejidad de análisis)	# elementos presentados	2	1	0	1	0	Maximizar
	SC13. Investigación	# elementos presentados	2	0	0	1	0	Maximizar
C2. Habilidades profesionales	SC21. Diseño de ingeniería	# elementos presentados	2	0	2	1	0	Maximizar
	SC22. Práctica en ingeniería	# elementos presentados	5	1	0	1	3	Maximizar
	SC23. Habilidades transferibles	# elementos presentados	9	2	0	6	14	Maximizar
C3. Impacto de la certificación	SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura	# países	23	34	10	34	1	Maximizar
	SC32. Número de profesionales colombianos en el extranjero	# países	2	8	2	8	0	Maximizar
	SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia	# países	1	0	0	0	0	Maximizar

Fuente: El autor a partir de la revisión de estado de conocimiento

En la Tabla 4-15 se muestra la comparación de criterios, subcriterios y alternativas y se puede observar que algunos elementos sobresalen de otros por su número, respecto a la cantidad de elementos presentados de cada criterio, con respecto a cada alternativa.

A partir del análisis y la ilustración presentada en la revisión de criterios y alternativas, se dispuso a realizar el análisis de dominancia entre las alternativas tomando como base el análisis de los criterios.

En análisis de dominancia, se realiza con el fin de determinar si una alternativa domina a las demás, definida como alternativa dominante (Barba-Romero & Pomerol, 1997)

Se realiza la comparación entre alternativas, analizando la cantidad de elementos o factores que una alternativa sobresale a la otra alternativa; en otras palabras, se determina si la alternativa A1 domina a la alternativa A2 en una cantidad de elementos o factores

A continuación, se describen las alternativas y tomando como base a Úsuga-Reina & Cortés-Aldana (2016), en la Tabla 4-16, se realiza el análisis de dominancia por frecuencias y en la Tabla 4-17 se realiza el análisis de dominancia por porcentaje.

Cabe recordar que las alternativas tienen una identificación que ayuda a simplificar en su análisis en las respectivas matrices. A continuación se describen las mismas.

A1. Consorcio Washington Accord

A2. Consorcio Bologna Process/EHEA

A3. Organización certificadora NCESS

A4. Organización certificadora FEANI

A5. Consejos Profesionales de Ingeniería

Tabla 4-16: Análisis de dominancia por frecuencias

	A1.	A2.	A3.	A4.	A5.
A1.	-	7	7	7	8
A2.	2	-	4	0	4
A3.	0	2	-	2	4
A4.	2	3	6	-	6
A5.	1	2	2	2	-

Fuente el autor a partir de Úsuga-Reina & Cortés-Aldana, (2016)

Tabla 4-17: Análisis de dominancia por Porcentaje

	A1.	A2.	A3.	A4.	A5.
A1.	0,00	77,77	77,77	77,77	88,88
A2.	22,22	0,00	44,44	0,00	44,44
A3.	0,00	22,22	0,00	22,22	44,44
A4.	22,22	33,33	66,66	0,00	66,66
A5.	11,11	22,22	22,22	22,22	0,00

Fuente el autor a partir de Úsuga-Reina & Cortés-Aldana, (2016)

Con base en el análisis de dominancia, se puede observar que no existe una alternativa dominante sobre las demás; tomando como base a Úsuga-Reina & Cortés-Aldana, (2016), la dominancia se presenta cuando la fila correspondiente a la alternativa, en la Tabla 4-17, debería dar 100% en cada una de las casillas; y para que una alternativa fuera dominada, tendría que dar 100% en cada casilla de la columna correspondiente a la alternativa estudiada (Úsuga-Reina & Cortés-Aldana, 2016); por lo tanto, es pertinente realizar el análisis de decisión multicriterio.

- **Paso 8. Resultados del análisis y revisión Fase 2 Proceso de revisión de análisis y criterios**

Tal como se ha observado en el proceso de análisis de los pasos relacionados con la Fase 2. Proceso de revisión de análisis y criterios, se pueden observar lo siguiente:

- La aplicación de la metodología del enfoque basado en metas ayuda a organizar la meta, objetivos, criterios y subcriterios, con el fin de establecer la importancia entre los criterios y la preferencia con respecto a las alternativas. Como resultado, se estableció la jerarquía que relaciona la meta, objetivos, criterios y subcriterios que estructuraron la comparación de cada uno de estos.
- La comparación de criterios, subcriterios y alternativas presentó una visión que determina la priorización de criterios y el análisis de las alternativas.
- Los resultados presentados por Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015), en su artículo de análisis preliminar de los criterios de certificación profesional, se observa que la alternativa Consorcio Washington Accord, es la más apropiada para establecer sus modelos de criterios para la certificación de profesionales de ingeniería en Colombia (Ver discusión de resultados en el [Anexo H](#)).
- Para corroborar o establecer otros hallazgos, se construyó la matriz de decisión, a partir del análisis de la revisión del estado de conocimiento de los atributos presentados por las alternativas. En ese análisis, se pudo establecer que existen criterios importantes que sobresalen en la alternativa A1. Washington Accord, en los criterios C1. Competencia Profesional, con sus respectivos subcriterios y C2. Habilidades Profesionales, en los subcriterios SC21. Diseño de ingeniería y SC22 Práctica en ingeniería; mientras que la alternativa A2. Consorcio Bologna Process/EHEA, sobresalen los subcriterios SC31. Validez de la certificación en los países de cobertura y SC32 Número de profesionales colombianos en el extranjero, pertenecientes al criterio C3. Impacto de la certificación; caso similar se presenta con la alternativa A4. Organización certificadora FEANI. Por último, se observa que la alternativa A5. Consejos profesionales de ingeniería sobresale en el subcriterio SC23. Habilidades transferibles, perteneciente al criterio C2. Habilidades profesionales, pues presenta una cantidad importante de factores relacionados con la ética profesional de ingeniería.

- De los análisis presentados anteriormente se determinó que se puede construir un modelo propio, con base en los modelos existentes para su aplicación en Colombia, apoyando el proceso de certificación realizado por los Consejos Profesionales de Ingeniería.
- Se realizó el análisis de dominancia de las alternativas, tomando como base la matriz de decisión y se observó que no se presenta una alternativa dominante sobre las demás, lo que indicó la posibilidad de realizar el análisis de decisión multicriterio.
- Al realizar la comparación de los resultados presentados en el análisis preliminar (Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015) y el análisis de dominancia realizado anteriormente, se observa la tendencia similar en la cual la alternativa A1 de Consorcio Washington Accord, es el modelo más adecuado que satisface el objetivo planteado en el diagrama de jerarquización del modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.
- Teniendo en cuenta que, a partir del análisis de dominancia se observó la posibilidad de realizar el análisis de decisión multicriterio, en la Fase 3 se desarrolló el proceso de revisión externa, donde se tuvieron en cuenta a expertos en competencias y habilidades en ingeniería.

A continuación de muestra de manera detallada, los pasos para el desarrollo de la Fase 3 del proceso de revisión externa.

Fase 3. Proceso de revisión externa

En la Fase 3. Proceso de revisión externa, se establecieron los pasos para el diseño y aplicación de instrumentos de recolección de datos a expertos, la conformación del panel de expertos, la aplicación de AHP para la valoración de criterios, para corroborar los resultados preliminares y se pudo establecer aportes al conocimiento relacionados con la certificación profesional.

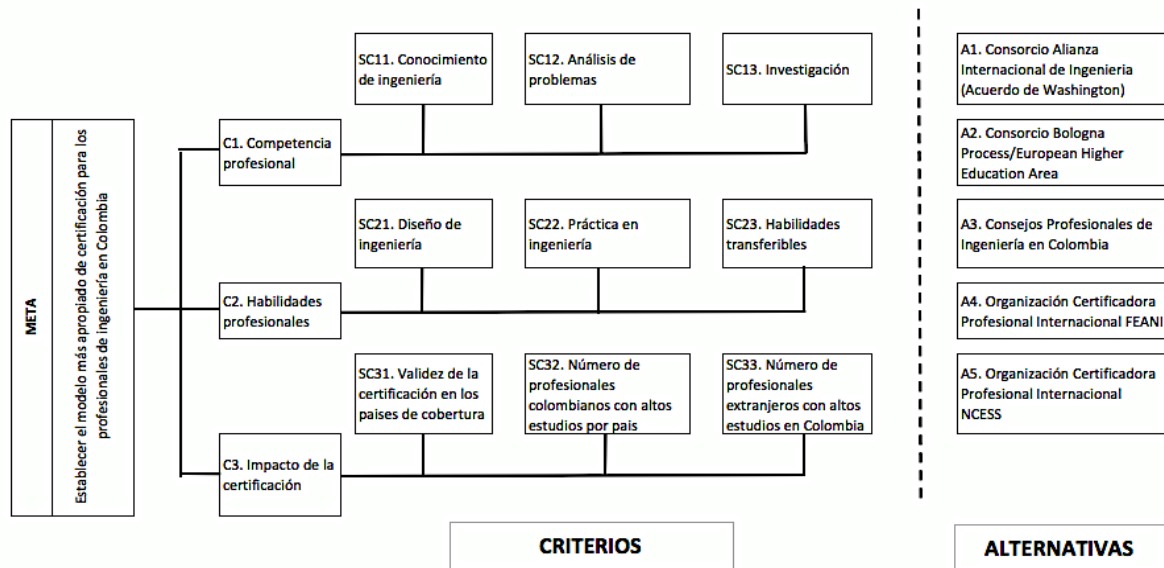
- **Paso 9. Diseño de instrumentos de recolección de datos**

Con el fin de realizar el proceso de revisión externa, fue necesario realizar el diseño de instrumentos de recolección de datos.

Se inició con la construcción de la estructura jerárquica donde se relaciona la meta, los criterios, subcriterios y alternativas, tomando como base los análisis desarrollados en los pasos 5 y 6 de este capítulo, con el fin de esquematizar el proceso.

En la Figura 4-7, se muestra la relación existente entre la meta, los criterios y subcriterios, para lo cual es importante analizar la influencia de los criterios y la preferencia entre las alternativas.

Figura 4-7: Estructura jerárquica de meta, criterios y alternativas, a partir de los análisis y modificaciones realizadas de Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015)



Instrumento para la recolección de datos de criterios y subcriterios

El instrumento se diseñó para realizar la comparación entre pares de criterios y subcriterios, teniendo en cuenta la definición sucinta de los mismos, gráficos y diagramas explicativos, con el fin de que el experto pueda realizar la escogencia adecuada, determinando la importancia de los criterios y los subcriterios.

Este instrumento de recolección de datos está conformado por un documento de consentimiento informado, el cual se describe el objetivo de la investigación, el objetivo del instrumento de recolección de datos, la duración de la fase de recolección de datos y un aparte relacionado con la participación voluntaria y confidencial. Al final de este consentimiento informado, el experto manifiesta que ha sido informado y su aceptación para responder el instrumento.

De otro lado, el instrumento de recolección de datos presenta una descripción del propósito la importancia de los criterios con respecto a la meta. Seguidamente, se muestra la escala de valoración y se dan algunos ejemplos para su diligenciamiento y prosigue con el

desarrollo del instrumento en la comparación de los criterios. Posteriormente, se muestra por medio de un diagrama explicativo, la relación de los subcriterios con los criterios, con el fin de establecer la importancia de estos. Análogamente con la primera parte del instrumento, se muestra la escala de valoración, los ejemplos de diligenciamiento y la comparación de cada uno de los subcriterios. En el [Anexo K](#) se evidencia el instrumento de recolección de datos de los criterios y subcriterios.

Instrumento para la recolección de datos de las alternativas

Con respecto a las alternativas y dada la complejidad de contar con expertos en cada una de éstas, se cuenta con los análisis realizados de las alternativas de manera detallada, indicado en el capítulo 2 de este documento y en el capítulo 4, paso 7, Tabla 4-15. En dicha tabla, se muestra la matriz de decisión resultado del análisis de las alternativas, en la cual cuantifica de manera detallada los elementos que presenta cada alternativa con su respectivo subcriterio. Análogamente se apoya en el análisis realizado por Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015).

No obstante, se realizó el ejercicio similar a la recolección de datos de los criterios y subcriterios, aprovechando aplicar un instrumento similar con algunos expertos, previa comunicación y entrevista realizada por el facilitador, con el fin de familiarizar al experto con la relación entre las alternativas (modelos) y los subcriterios.

Se realizó un aplicativo en Microsoft Excel© dada la complejidad en la cantidad de comparaciones a realizar de las alternativas con respecto a los subcriterios. Cada uno de los apartes del instrumento, se desarrolló como un libro y cada una de las hojas identificadas, se presenta un menú, donde se describe las características de la investigación, del diseño del instrumento, su organización y configuración de este. A partir del menú, el experto podrá administrar en un solo punto, las interacciones de cada uno de los subcriterios y alternativas presentadas (Ver enlace [Anexo L](#)).

Similar al instrumento de recolección de datos de los criterios y subcriterios, presenta el documento de consentimiento informado y las instrucciones para su diligenciamiento. Con el fin de facilitar su diligenciamiento, se dispuso también de la elaboración de un video, por parte del facilitador, para su explicación de manera didáctica. En el siguiente link (<https://youtu.be/x29vEjwUmM>) se evidencia el video explicativo para el diligenciamiento

del instrumento de recolección de datos de las alternativas y los subcriterios.(Vásquez-Bernal, 2018)

Partiendo de la organización sistemática de pasos de la metodología, dentro de las funciones desarrolladas por el facilitador, está la validación de instrumentos de recolección de datos y la validación de los expertos. En los pasos 10 y 12, el facilitador realiza ese proceso y para legitimar dicha actividad, se diligencian los registros de validación correspondientes.

- **Paso 10. Validación de los instrumentos de recolección de datos**

Para la validación de los instrumentos de recolección de datos, el facilitador revisó la coherencia de las preguntas propuestas y la ponderación de las respuestas. Se utilizó para la ponderación de las respuestas, la escala de Saaty (2008a), teniendo en cuenta su amplia aplicación en la metodología de análisis multicriterio y en la técnica AHP.

Para efectos de revisión en el proceso de validación de los instrumentos de recolección de datos, se diseñó el registro para la validación del instrumento de recolección de datos. Tomando como base a Corral (2009) en su artículo titulado: “Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos”, se tuvieron en cuenta tres elementos, la validez de contenido, validez de constructo y validez de criterio. Cada uno de estos elementos, presentan aspectos a evaluar, para lo cual se dispuso de un profesional experto que analizara y revisara el instrumento de recolección de datos.

El facilitador solicitó a un experto que revisara los instrumentos de recolección de datos, diligenciando los registros de verificación, donde se tuvieron en cuenta las características tales como el diseño, coherencia y pertinencia de las preguntas y respuestas. (Ver [Anexo M](#) y [Anexo N](#))

Con base en las observaciones presentadas en el análisis del instrumento de recolección de datos, se realizaron los ajustes correspondientes y se realizó su aplicación a los diferentes expertos que conforman el panel.

- **Paso 11. Conformación del panel de expertos**

El panel de expertos está conformado por profesionales de diferentes ramas de las ciencias y la ingeniería, con experiencia amplia y demostrable de su quehacer como profesional y de los aspectos académicos e investigativos. Esta experiencia es fundamental para establecer la importancia de los criterios y subcriterios, enfocados hacia la meta-objetivo de establecer el modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

Para conformar el panel de expertos, se tomó en cuenta los conceptos sobre los referentes del manual de panel de expertos (The Royal Society of Canada, 2010), la aplicación de paneles de expertos de Ayyub, (2000), y la realización de paneles de expertos (Dirección Nacional de Planeación, 2014).

The Royal Society of Canada, es una organización que tiene como propósito, promover el aprendizaje e investigación en las artes, las humanidades, las ciencias sociales y ciencias naturales. Fue creado por el Parlamento canadiense en 1883, como *Canada's National Academy*⁵⁵.

The Royal Society of Canada, (2010), presenta los lineamientos acerca de la conformación de paneles de expertos. Se revisó el documento denominado: *Expert Panels: Manual of Procedural Guidelines* (Manual de guía de procedimiento de los paneles de expertos), en la sección 5: *Guidelines on disclosure of personal involvements and other matters potentially affecting panel service* (Directrices sobre la divulgación de las involucraciones personales y otros asuntos que afectan potencialmente al servicio del panel), en el cual indican los elementos a considerar para analizar los aspectos relacionados con los puntos de vista de los expertos; las consideraciones para evitar conflictos de intereses, manejo de información confidencial, información gubernamental; si el experto es una personalidad de reconocimiento público; si el experto, dentro de su trayectoria investigativa, presenta algún interés en el estudio, que pueda afectar la imparcialidad en el desarrollo del mismo; tener una relación contractual con los patrocinadores del estudio.

⁵⁵ Extractado y adaptado de The Royal Society of Canada. The Academies of Arts, Humanities and Sciences of Canada, recuperado de: <https://rsc-src.ca/en/about-us/our-purpose>

De otro lado, en el reporte titulado “*Methods for Expert-Opinion Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities*” (Ayyub, 2000); establece los métodos para la opinión de expertos, en su aplicación para la toma de decisiones, en la gestión del riesgo, para las Unidades de Apoyo del Instituto de Recursos Hídricos (Institute of Water Resources). En este reporte, se establece el proceso para la opinión de expertos, en el cual se define el significado de la opinión de expertos, la terminología utilizada, los aspectos relacionados con el tipo de aspectos a analizar, niveles de estudio, expertos y resultados del proceso.

Por otra parte, se tomaron conceptos germinales de Mieg, H. (2008) el cual realiza un análisis exhaustivo del concepto de experiencia, desde el enfoque de la excelencia y el profesionalismo, para lo cual toma elementos destacados del profesionalismo de Evetts, J. (1999), profesionalización, experiencia y elicitación de Evetts, J., Mieg, H.A., & Felt, U. (2006), y la teoría de las profesiones de Freidson, E. (1983).

De igual manera, destaca los conceptos presentados por Ericsson, K.A., Charness, N., Feltovich, P., & Hoffman, R.R. (Eds.). (2006), en el manual denominado “*The Cambridge handbook of expertise and expert performance*”; haciendo alusión al estudio realizado por este autor en las características de un experto. Los principales resultados presentados por Ericsson, K.A. (Ed.). (1996) indican que el desempeño confiable superior, la práctica deliberada, la adaptación cognitiva, el dominio específico y la regla de los diez años, son los elementos que describen el estudio de la experiencia.

A continuación, se describen los resultados presentados por Ericsson, K.A. (Ed.). (1996)⁵⁶

El desempeño confiable superior, es la demostración de la experiencia en el desarrollo de tareas o actividades representativas.

La práctica deliberada, está enfocada en el compromiso extendido sobre el dominio de actividades relacionadas, para lo cual, se requiere mantener la experiencia en el desempeño, por medio del entrenamiento sistemático, enfocado siempre de la mejora de las actividades que domina; esto incluye el desarrollo de unas tareas de entrenamiento

⁵⁶ Traducido y adaptado de Mieg, H. A. (2009). Two factors of expertise? Excellence and professionalism of environmental experts. *High Ability Studies*, 20(1), 91–115. <https://doi.org/10.1080/13598130902860432>

adecuadas, concentración y aprendizaje auto-regulado.

La adaptación cognitiva, el conocimiento y habilidades del experto, están adaptadas a un ambiente específico de trabajo. El crecimiento de esa experiencia está en construir aspectos clave que representen la solución de un problema.

El dominio específico, está relacionado con la adaptación cognitiva y es la experiencia en el dominio de una actividad específica; por ejemplo las habilidades en matemáticas o en la solución de problemas complejos. Este dominio específico por determinada habilidad, no puede ser transferible hacia otro tipo de habilidades; como lo indica Ericsson, K.A. (Ed.). (1996), el dominio sobre las habilidades matemáticas, no es transferible sobre la habilidad en jugar ajedrez.

La regla de los diez años, está relacionada con el desarrollo de la práctica deliberada y la adaptación cognitiva a lo largo de los años. La experiencia es un factor fundamental para que el experto mejore y se auto motive para alcanzar mayores niveles de experiencia. La escritura de textos, establecer métodos profesionales, participar o dirigir asociaciones profesionales o colegios profesionales, también en establecer mejores prácticas profesionales.

En la discusión general dada por Mieg, (2009), de los resultados obtenidos en el estudio, hay dos factores relacionados, uno con la excelencia individual y otro relacionado con el compromiso profesional, el cual podría llamarse como profesionalismo. Estos dos factores presentan correlación, a diferencia de los años de experiencia, responsabilidad profesional y otras variables psicológicas. También encontró diferentes patrones o combinaciones a través de las diferentes ocupaciones estudiadas.

La ilustración presentada, se constituye como lineamientos para el proceso de validación de los expertos.

Paso 12. Validación de los expertos

Para el desarrollo de este paso, se realizó el análisis de las hojas de vida, teniendo en cuenta aspectos tales como el nivel educativo, la experiencia profesional, la experiencia en la academia (docencia e investigación). Por otra parte, el facilitador diligenció el registro de validación de cada uno de los expertos con el fin de legitimar dicho proceso. (Ver [Anexo O](#))

En total se contaron con siete (7) expertos los cuales, por razones de confidencialidad indicado en el documento de consentimiento informado, no se expondrán los nombres completos. Se identificarán por el número del experto y las iniciales del nombre del experto.

Estos expertos presentan alto nivel educativo alcanzado (nivel de maestría o doctorado), amplia experiencia en el desarrollo de su profesión (mayor a 10 años), su trayectoria en la docencia y con el desarrollo de proyectos y productos resultado de investigación que se confrontaron con la hoja de vida de COLCIENCIAS.

Paso 13. Aplicación de instrumentos al panel de expertos

Se aplicaron dos instrumentos de recolección de datos, un instrumento relacionado con la priorización en la importancia de los criterios y subcriterios, el cual se realizó por medio de formatos impresos entregados físicamente a los expertos y otro instrumento de forma digital, utilizando como herramienta Microsoft Excel ©, dada la complejidad en el manejo y compilación de datos.

Para la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, se contactó a cada uno de los expertos y se interactuó con cada uno de ellos, por medio de una entrevista semiestructurada de manera presencial y por medio del uso de las tecnologías de información y comunicaciones, con el fin de exponer y explicar el proyecto, la importancia de la actividad como experto en el diligenciamiento y análisis del instrumento de recolección de datos.

Análogamente, se indicó al experto por medio de un consentimiento informado, el objetivo de la investigación, el objetivo del instrumento de recolección de datos y se invitó a la participación voluntaria y confidencial, preguntando por último la aceptación de responder dicho instrumento. Con el fin de mantener la confidencialidad de los expertos, se identifica al experto por medio de un código alfanumérico y las iniciales del nombre del experto.

Durante el proceso de diligenciamiento del instrumento, se tuvieron en cuenta algunas observaciones presentadas en la aplicación para la mejora de este. De otro lado, se expusieron las explicaciones correspondientes sobre cada uno de los elementos a analizar y los pasos siguientes con respecto al análisis de los resultados, estableciendo una comunicación enriquecedora con cada uno de los expertos. Estos registros se encuentran

debidamente salvaguardados en virtud del consentimiento informado y la confidencialidad de la información

Como se indicó en el paso 9, se diseñó un instrumento de recolección de datos para la priorización de la preferencia de los modelos de certificación profesional (alternativas) mediante tablas interactivas en Microsoft Excel ©, dada la complejidad en el manejo de información por el número de datos a diligenciar, pues para establecer las preferencias de las alternativas, se requiere la comparación de éstas con cada uno de los subcriterios. Se mantuvieron las características similares relacionadas con el consentimiento informado para el manejo confidencial de la información, las instrucciones para el diligenciamiento del instrumento (Ver enlace [Anexo L](#)).

Paso 14. Aplicación de AHP para la valoración de criterios

A partir de la valoración de los criterios y subcriterios desarrollada por el panel de expertos, se procede a la sumatoria y normalización de cada una de las matrices de los criterios y subcriterios, con el fin de determinar su importancia y preferencia.

De manera preliminar se realizaron los cálculos mediante Microsoft Excel, a través del desarrollo de matrices para la comparación pareada de los datos. Dado el incremento de datos para analizar y operacionalizar, se dispuso a la utilización del programa informático Superdecisions© para simplificar el proceso y efectuar las diferentes simulaciones de cada uno de los datos.

Superdecisions© es un software educativo libre que implementa AHP y ANP; fue desarrollado por el equipo del creador de estos métodos, Thomas Saaty (1926-2017). La aplicación informática ha sido desarrollada y actualizada con el auspicio de Creative Decisions Foundation⁵⁷

A partir de la comparación binaria de los criterios y subcriterios, se determinó la consistencia arrojada en las respuestas de cada uno de los expertos (Saaty, 2008a); (Ozdemir & Saaty, 2006); (Saaty, 2012). El índice de consistencia no debe ser mayor de 0,10 (10%) sin embargo algunos autores como Moreno-Jiménez, (2002), indica que en

⁵⁷ Información extractada de <http://www.superdecisions.com/about/> Recuperado en agosto 17 de 2018

algunos problemas pueden darse buenos valores de consistencia cercanos a 0,15 (15%). Del mismo modo como lo indica Aguarón & Moreno-Jiménez, (2003), en los índices de consistencia geométrica, se pueden presentar índices de consistencia del 0,20 (20%) o superiores (Moreno-Jimenez, Aguarón, & Escobar, 2008), siendo manejables en los casos reales. Así las cosas, se dispuso en determinar para cada criterio y subcriterio los índices de consistencia, se escogieron los más consistentes y se realizó la centralización de los datos mediante la utilización de la media geométrica ponderada (Cortés-Aldana, 2006; Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M., 2003). Con estos datos se construye una matriz de datos para su operacionalización a través del software Superdecisions©

- **Priorización de criterios**

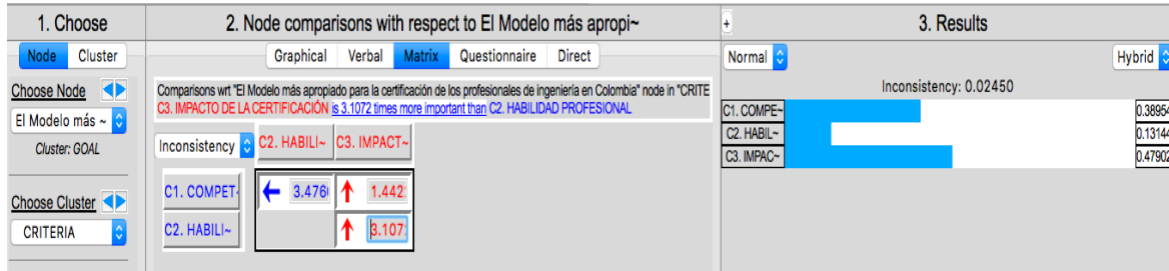
El proceso de priorización de criterios comprende el análisis de los instrumentos de recolección de datos diligenciado por los expertos, el análisis AHP realizado con el software Superdecisions©, el análisis de inconsistencia presentado en cada uno de los instrumentos presentados y el proceso de consenso realizado con los resultados de los expertos consistentes (Cortés-Aldana, 2006; Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M., 2003). En el [Anexo J](#) se muestra detalladamente la priorización de los criterios de cada uno de los expertos a través del Software Superdecisions©.

Para el análisis del nivel de importancia de los criterios, se tomaron los resultados consistentes (Ver [Anexo J](#)) por cada uno de los elementos analizados por los expertos y posteriormente, se realizó el proceso de consenso entre los expertos consistentes, mediante la media geométrica de la ponderación de los juicios emitidos por los expertos. Como resultado se obtiene la matriz centralizada de criterios consensuados (Tabla 4-18).

Tabla 4-18: Matriz de consensuada de criterios de expertos consistentes

El modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia	C1. Competencia profesional	C2. Habilidad profesional	C3. Impacto de la certificación
C1. Competencia profesional	1.000	3,47603	0,69334
C2. Habilidad profesional	0,28768	1.000	0,32183
C3. Impacto de la certificación	1.44225	3,10723	1.000

Seguidamente, se aplicó AHP mediante el software Superdecisions© y se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-8: Comparación pareada de los criterios con respecto a la meta. Consenso Expertos consistentes

Consenso Expertos consistentes (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de inconsistencia: 0,02450

Para la comparación pareada entre subcriterios y criterios, se dispuso de la misma forma que con la comparación anterior, con el uso del programa Superdecisions ©

- **Priorización de subcriterios**

Priorización de los subcriterios con respecto al criterio C1. Competencia profesional

De manera similar como con la priorización de los criterios, se realiza el proceso de análisis jerárquico con los subcriterios. En el [Anexo J](#) se muestra detalladamente la priorización de los subcriterios de cada uno de los expertos a través del Software Superdecisions©.

De otro lado, se realizó el proceso de consenso, mediante la aplicación de la media geométrica de los resultados de los juicios consistentes de los expertos (ver [Anexo J](#)).

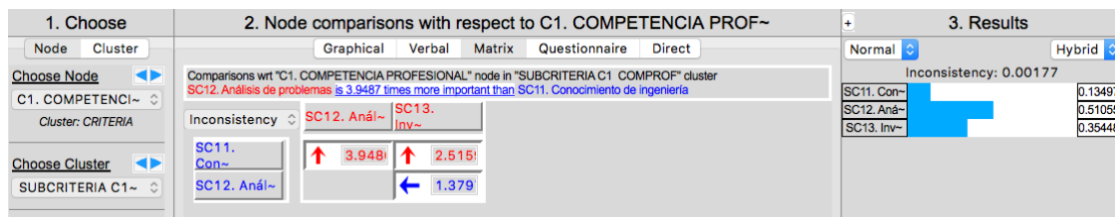
En la tabla 4-19 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de los subcriterios con respecto al criterio C1. Competencia profesional.

Tabla 4-19: Matriz de consensuada de subcriterios con respecto al criterio C1. Competencia profesional

C1. Competencia profesional	SC1. Conocimiento de Ingeniería	SC2. Análisis de Problemas	SC3. Investigación
SC11. Conocimiento de Ingeniería	1.000	0,25325	0,39747
SC12. Análisis de Problemas	3,94870	1.000	1,37973
SC13. Investigación	2,51589	0,72478	1.000

Seguidamente, se aplicó AHP mediante el software Superdecisions© y se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-9: Comparación pareada de los subcriterios con respecto al criterio C1 Competencia profesional. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E3-JMHS, E5-PTS, E-6HEPW, E7-RGS)
Índice de inconsistencia: 0,00177

Priorización de los subcriterios con respecto al criterio C2. Habilidad profesional

En el [Anexo J](#) se muestra detalladamente la priorización de los subcriterios de cada uno de los expertos a través del Software Superdecisions©.

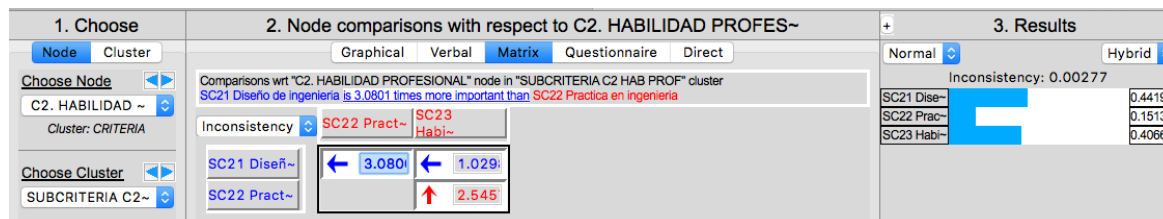
De otro lado, se realizó el proceso de consenso, mediante la aplicación de la media geométrica de los resultados de los juicios consistentes de los expertos (ver [Anexo J](#)).

En la tabla 4-20 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de los subcriterios con respecto al criterio C2. Habilidad profesional.

Tabla 4-20: Matriz de consensuada de subcriterios con respecto al criterio C2. Habilidad profesional

C2. Habilidad profesional	SC21. Diseño de Ingeniería	SC22. Práctica en ingeniería	SC23.Habilidades transferibles
SC21. Diseño de Ingeniería	1.000	3,08007	1,02988
SC22. Práctica en ingeniería	0,32467	1.000	0,39281
SC23.Habilidades transferibles	0,97098	2,54573	1.000

Análogamente, se aplicó AHP mediante el software Superdecisions© y se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-10: Comparación pareada de los subcriterios con respecto al criterio C2 Habilidad profesional. Consenso Expertos consistentes

Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E3-JMHS, E4-WEML, E5-PTS) Índice de inconsistencia: 0,00277

Priorización de los subcriterios con respecto al criterio C3. Habilidad profesional

En el [Anexo J](#) se muestra detalladamente la priorización de los subcriterios de cada uno de los expertos a través del Software Superdecisions®.

De otro lado, se realizó el proceso de consenso, mediante la aplicación de la media geométrica de los resultados de los juicios consistentes de los expertos (ver [Anexo J](#)).

En la tabla 4-21 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de subcriterios con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación:

Tabla 4-21: Matriz de consensuada de subcriterios con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación

C3. Impacto de la certificación	SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación	SC32. Cantidad de profesionales colombianos por país en el extranjero	SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia
SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación	1.000	1,29099	3,00000
SC32. Cantidad de profesionales colombianos por país en el extranjero	0,77460	1.000	2,44949
SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia	0,33333	0,40825	1.000

Del mismo modo, se aplicó AHP mediante el software Superdecisions® y se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-11: Comparación pareada de los subcriterios con respecto al criterio C3 Impacto de la certificación. Consenso Expertos consistentes

Node	Weight
SC31, Cob~	0.47262
SC32, Can~	0.37258
SC33, Núm~	0.15480

Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML) Índice de inconsistencia: 0,00030

- **Priorización de Alternativas (Modelos de certificación)**

De manera similar, como se ha desarrollado con los criterios y subcriterios, se realiza la priorización de los modelos de certificación con respecto a cada subcriterio.

A partir del análisis de los índices de consistencia de los subcriterios y criterios realizados por los expertos anteriormente, se dispuso a conformar un panel de expertos que presentaran mejor consistencia en los resultados, con el fin de aplicar el instrumento de recolección de datos para los modelos de certificación (alternativas), dada la complejidad en el manejo de los datos por su extensión en el número de variables.

En el [Anexo J](#) se muestra detalladamente la priorización de las alternativas de cada uno de los expertos a través del Software Superdecisions©.

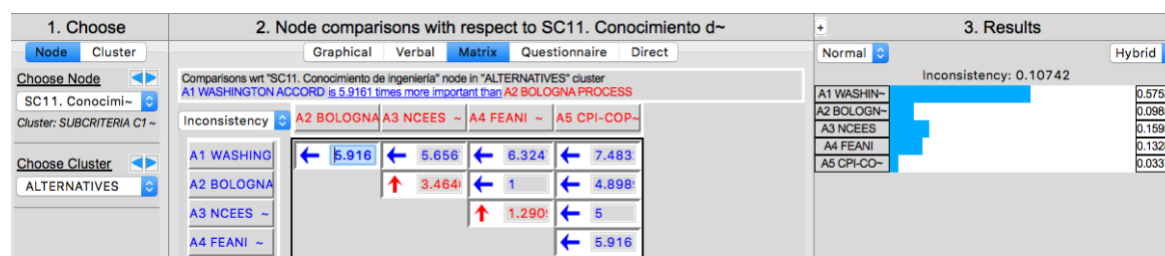
De otro lado, se realizó el proceso de consenso, mediante la aplicación de la media geométrica de los resultados de los juicios consistentes de los expertos (ver [Anexo J](#)).

En la tabla 4-22 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería.

Tabla 4-22: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería

SC11. Conocimiento de ingeniería	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	5,916	5,656	6,324	7,483
A2. BOLOGNA PROCESS	0,169	1	0,288	1	4,898
A3. NCESS	0,176	3,464	1	1,290	5
A4. FEANI	0,158	1	0,775	1	5,916
A5. CPI COPNIA	0,133	0,204	0,2	0,169	1

Del mismo modo, se aplicó AHP mediante el software Superdecisions© y se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-12: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería. Consenso Expertos consistentes

Consenso Expertos consistentes. (E4-WEML, E5-PTS) Índice de inconsistencia: 0.10742

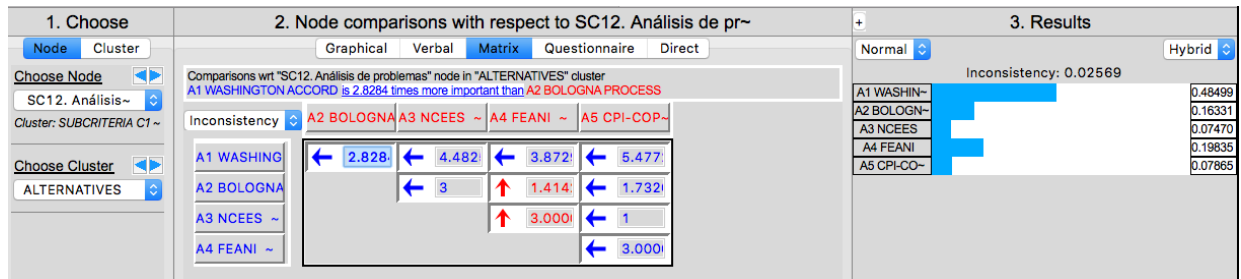
En la tabla 4-23 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC12. Análisis de problemas.

Tabla 4-23: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC12. Análisis de problemas

SC12. Análisis de Problemas	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	2,828	4,482	3,872	5,477
A2. BOLOGNA PROCESS	0,353	1	3	0,707	1,732
A3. NCESS	0,223	0,333	1	0,333	1
A4. FEANI	0,258	1,414	3	1	3
A5. CPI COPNIA	0,182	0,577	1	0,333	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-13: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC12. Análisis de problemas. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML) Índice de inconsistencia: 0.02569

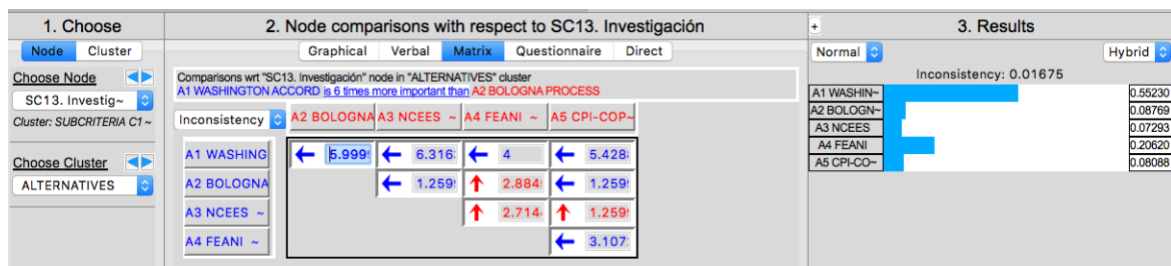
En la tabla 4-24 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC13. Investigación.

Tabla 4-24: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC13. Investigación

SC13. Investigación	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	6	6,316	4	5,428
A2. BOLOGNA PROCESS	0.166	1	1,259	0,346	1,259
A3. NCESS	0,158	0,794	1	0,368	0,794
A4. FEANI	0,25	2,884	2,714	1	3,107
A5. CPI COPNIA	0,184	0,794	1,259	0,321	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-14: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC13. Investigación. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de inconsistencia: 0,01675

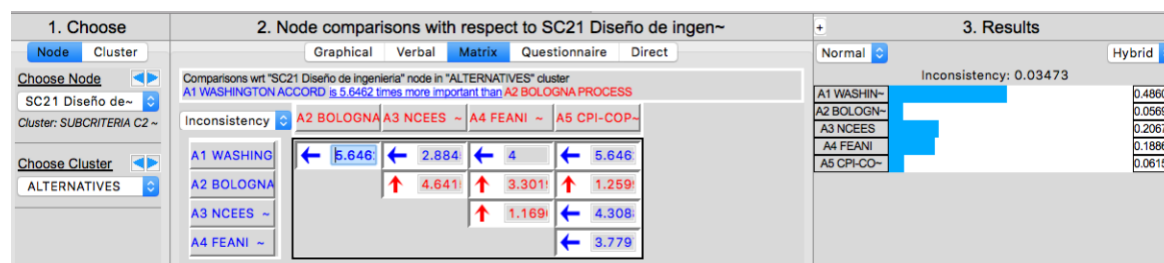
En la tabla 4-25 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC21. Diseño de ingeniería.

Tabla 4-25: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC21. Diseño de ingeniería

SC21. Diseño de ingeniería	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	5,646	2,884	4	5,646
A2. BOLOGNA PROCESS	0,177	1	0,215	0,302	0,794
A3. NCESS	0,346	4,641	1	0,855	4,308
A4. FEANI	0,25	3,301	1,169	1	3,779
A5. CPI COPNIA	0,177	1,259	0,232	0,264	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-15: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC21. Diseño de ingeniería. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de inconsistencia: 0.03473

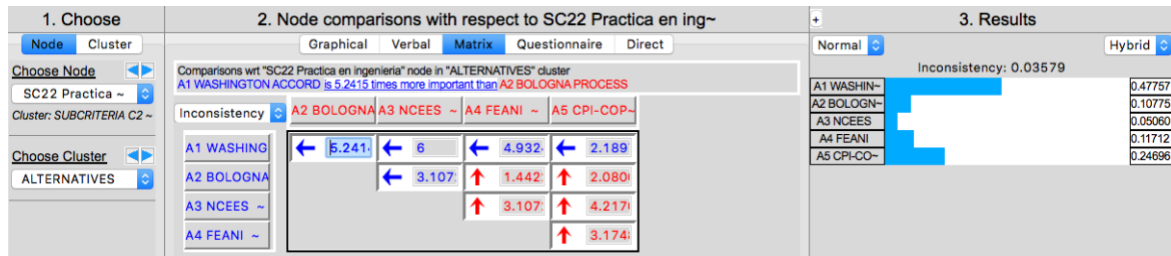
En la tabla 4-26 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC22. Práctica en ingeniería.

Tabla 4-26: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC22. Práctica en ingeniería

SC22. Práctica en ingeniería	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	5,241	6	4,932	2,189
A2. BOLOGNA PROCESS	0,190	1	3,107	0,693	0,480
A3. NCESS	0,166	0,321	1	0,321	0,237
A4. FEANI	0,202	1,442	3,107	1	0,315
A5. CPI COPNIA	0,456	2,080	4,217	3,174	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-16: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC22. Práctica en ingeniería. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de consistencia: 0.03579

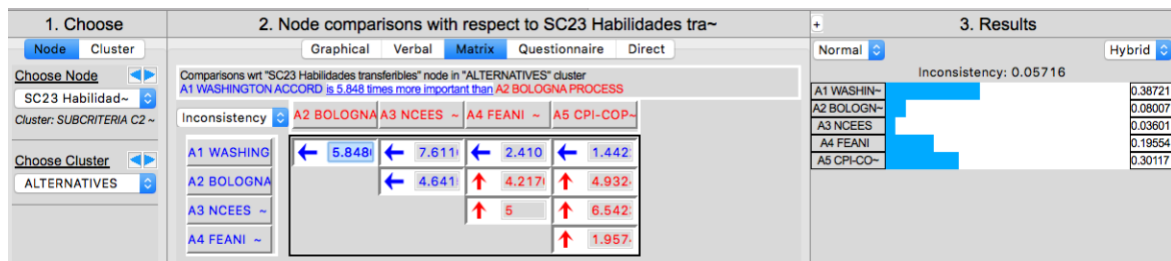
En la tabla 4-27 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC23. Habilidades transferibles.

Tabla 4-27: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC23. Habilidades transferibles

SC23. Habilidades transferibles	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	5,848	7,611	2,410	1,442
A2. BOLOGNA PROCESS	0,170	1	4,641	0,237	0,202
A3. NCESS	0,131	0,215	1	0,2	0,152
A4. FEANI	0,414	4,217	5	1	0,510
A5. CPI COPNIA	0,693	4,932	6,542	1,957	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-17: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC23. Habilidades transferibles. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de consistencia: 0.05716

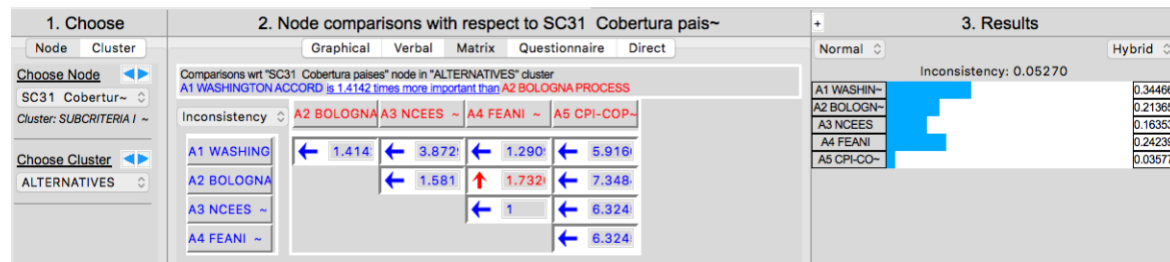
En la tabla 4-28 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación.

Tabla 4-28: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación

SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	1,414	3,872	1,290	5,916
A2. BOLOGNA PROCESS	0,707	1	1,581	0,577	7,348
A3. NCESS	0,258	0,632	1	1	6,324
A4. FEANI	0,775	1,732	1	1	6,324
A5. CPI COPNIA	0.169	0,136	0,158	0,158	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-18: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación. Consenso Expertos consistentes



Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de consistencia: 0.05270

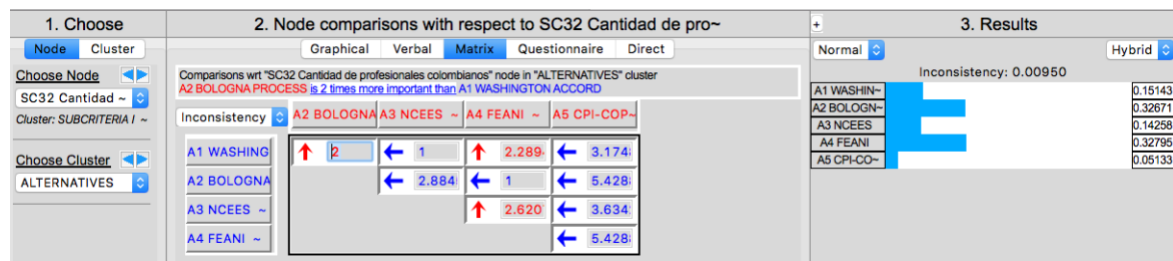
En la tabla 4-29 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC32. Cantidad de colombianos de alta calificación por país.

Tabla 4-29: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC32. Cantidad de colombianos de alta calificación por país

SC32. Cantidad de colombianos de alta calificación por país	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	0,5	1	0,436	3,174
A2. BOLOGNA PROCESS	2	1	2,884	1	5,428
A3. NCESS	1	0,346	1	0,381	3,634
A4. FEANI	2,289	1	2,620	1	5,428
A5. CPI COPNIA	0,315	0,184	0,275	0,184	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-19: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC32. Cantidad de colombianos de alta calificación por país. Consenso Expertos consistentes



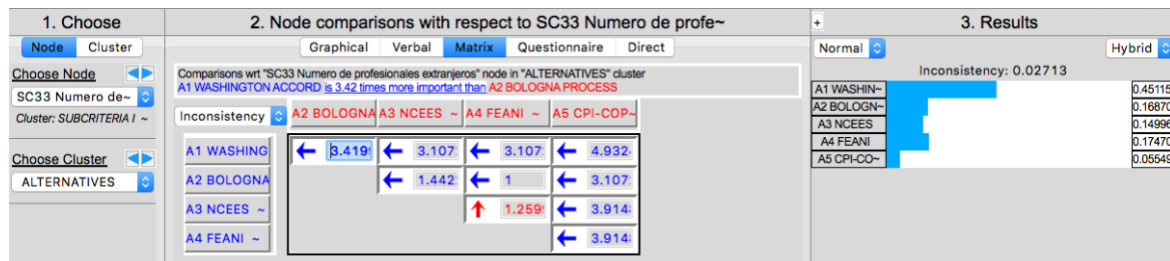
Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de consistencia: 0.00950

En la tabla 4-30 se indican los valores consensuados de los juicios presentados por los expertos consistentes de las alternativas con respecto al subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia.

Tabla 4-30: Matriz de consensuada de alternativas con respecto al subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia

SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia	A1. WASHINGTON ACCORD	A2. BOLOGNA PROCESS	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. CPI COPNIA
A1. WASHINGTON ACCORD	1	3,419	3,107	3,107	4,932
A2. BOLOGNA PROCESS	0,292	1	1,442	1	3,107
A3. NCESS	0,321	0,693	1	0,794	3,914
A4. FEANI	0,321	1	1,259	1	3,914
A5. CPI COPNIA	0,202	0,321	0,255	0,255	1

Se determinó la inconsistencia de los juicios consensuados, presentando el siguiente resultado.

Figura 4-20: Comparación pareada de las alternativas con respecto al subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia. Consenso Expertos consistentes

Consenso Expertos consistentes. (E1-BPH, E4-WEML, E5-PTS) Índice de consistencia: 0.02713

- **Paso 15. Resultados evaluación panel de expertos**

Después de que cada experto realizó el proceso de diligenciamiento del instrumento de recolección y valoración de datos para los criterios, subcriterios y alternativas, se dispuso a recopilar la información, la aplicación de AHP y establecer los índices de inconsistencia de cada experto, como se indicó en el paso 14 de priorización.

Con estos resultados se puede observar que en algunos expertos pueden presentar altos porcentajes de inconsistencia que, aunque se asegura en la validación de los expertos que tengan las competencias profesionales y experiencia, en el desarrollo de una entrevista semiestructurada y el diligenciamiento de un instrumento validado de recolección de datos, se presentan incertidumbres, los cuales se pueden atribuir a la concentración para diligenciar el instrumento, la comprensión de algunos términos o algunas complejidades presentadas en el desarrollo del proceso.

De otro lado, dada la importancia de las actividades desarrolladas y el reconocimiento que mantienen los expertos, una de las limitaciones presentadas es la disponibilidad de tiempo de los mismos, lo cual se presentan complejidades en redireccionar nuevamente el instrumento de recolección de datos para la revisión y ratificación de los juicios presentados.

Esta limitante se consideró en la aplicación del instrumento para la priorización de los modelos de certificación (alternativas) dada su complejidad por la cantidad de información a analizar; para ello, se diseñó un aplicativo en Excel® que mostrara de manera didáctica, cada una de las relaciones existentes entre los subcriterios y las alternativas.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de los expertos y la consistencia en los juicios presentados en el instrumento de valoración de criterios y subcriterios, se escogieron los que presentaron mejor consistencia, aduciendo mejores resultados en los juicios presentados.

Para el manejo de los índices de inconsistencia, se tomaron las investigaciones realizadas por Moreno-Jiménez, (2002); Aguarón & Moreno-Jiménez, (2003), (Moreno-Jimenez et al., 2008) como se enuncia en el paso 14 de la metodología. Del mismo modo, se realizó la media geométrica de los valores consistentes, con el fin de establecer y unificar consensos

entre los juicios de los expertos, por lo tanto, se consideran para análisis los resultados consensuados de los expertos.

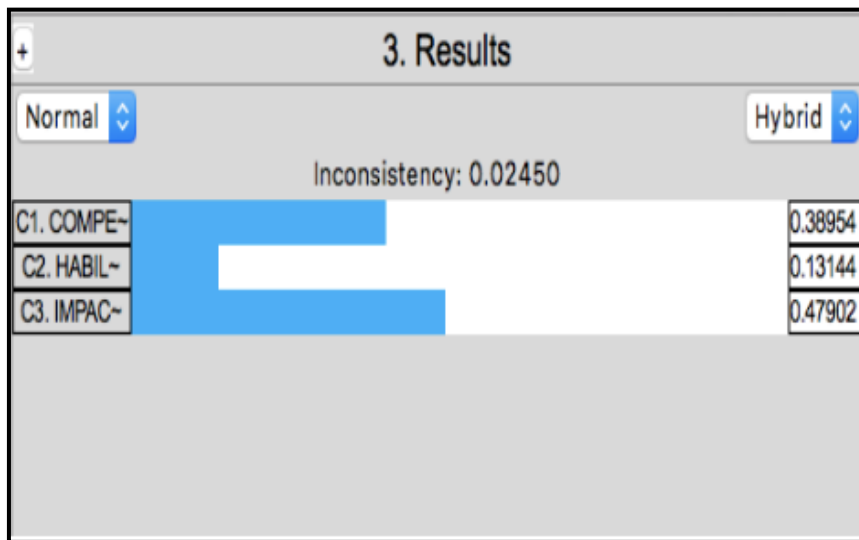
Fase 4. Presentación de resultados

En esta fase se presentan los resultados de los juicios consensuados de los criterios, subcriterios y alternativas. Con estos resultados se determinan las prioridades relativas y se calcula, las prioridades globales de cada criterio.

- **Prioridades relativas de los criterios.**

En la Figura 4-21 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los criterios. El criterio C3. Impacto de la certificación con un valor de prioridad de 0,47902, seguida por el criterio C1. Competencia profesional presenta una prioridad de 0,38954 y el criterio C2. Habilidades profesionales con un valor de prioridad de 0,13144.

Figura 4-21: Resultados de las prioridades relativas de los criterios

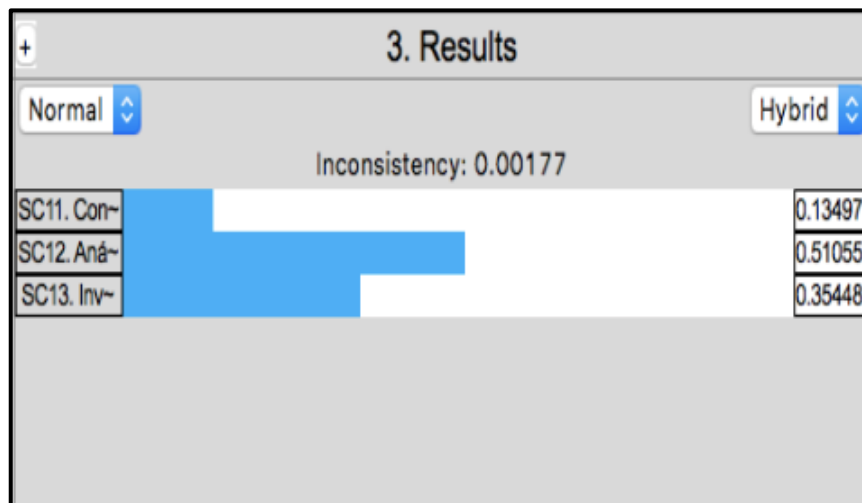


El estudio permite determinar una aproximación del nivel de importancia de las características referidas como criterios para los expertos del estudio, tales como el impacto de la certificación y competencia profesional, para alcanzar la meta de establecer el modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

- **Prioridades relativas de los subcriterios**

En la Figura 4-22 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los subcriterios, con respecto al criterio C1. Competencia profesional.

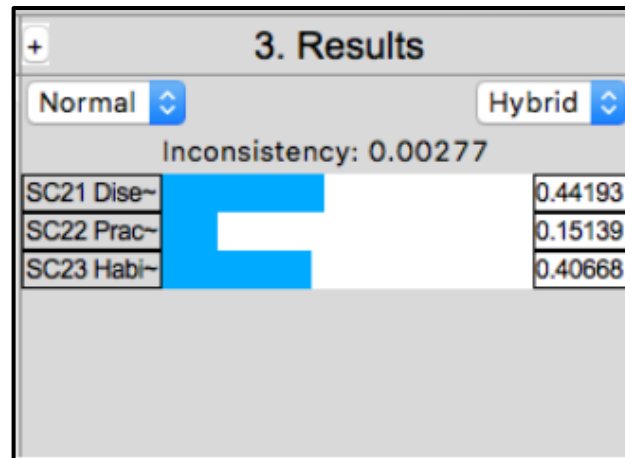
Figura 4-22: Resultados de las prioridades relativas de los subcriterios con respecto al criterio C1. Competencia profesional



Con respecto al criterio C1. Competencia profesional, los subcriterios que presentan mayor importancia para los expertos del estudio son SC12 Análisis de problemas (0,51055) y SC13. Investigación (0,35448). Conocimiento de ingeniería (0,60786) y el subcriterio de El criterio SC11. Conocimiento de ingeniería (0,13497) presenta menor importancia. Con este comportamiento se deduce que un profesional de ingeniería debe presentar mayores talentos en el análisis de problemas (identificación y análisis de problemas complejos de ingeniería, usando los principios básicos de las matemáticas y la ingeniería) y en la investigación (la actitud de buscar la innovación dado el cambio continuo de la ingeniería), para dar solución a los problemas complejos.

En la Figura 4-23 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los subcriterios, con respecto al criterio C2. Habilidad profesional.

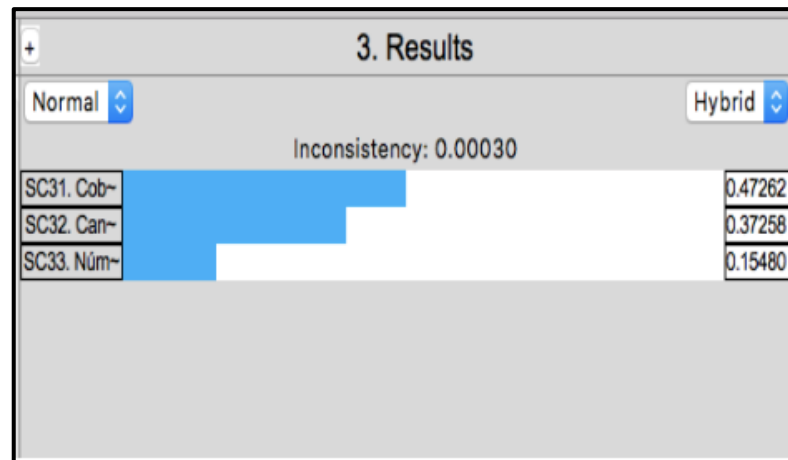
Figura 4-23: Resultados de las prioridades relativas de los subcriterios con respecto al criterio C2. Habilidad profesional



Con respecto al criterio C2. Habilidad profesional, los subcriterios que presentan mayor importancia para los expertos del estudio son el subcriterio SC21. Diseño de ingeniería (0,44193) y el subcriterio SC23. Habilidades transferibles (0,40668), por último, el subcriterio SC22. Práctica en ingeniería (0,15139). Estos resultados indican que un profesional de ingeniería debe tener mayores fortalezas en el diseño de soluciones para los problemas complejos, el diseño de sistemas, procesos según sus necesidades, considerando los impactos culturales, ambientales, y la sociedad; lo cual está muy relacionada con las habilidades transferibles relacionadas con la comprensión de la profesión de ingeniería, su importancia para la sociedad y el impacto de la profesión sobre la sociedad, las habilidades de comunicación, la capacidad de trabajar en equipo y el manejo ético de la profesión. Manteniendo fuertes los subcriterios de diseño de ingeniería y habilidades transferibles, podrá redundar en una buena práctica de la ingeniería en los procesos productivos, en el manejo de situaciones en la industria.

En la Figura 4-24 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los subcriterios, con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación.

Figura 4-24: Resultados de las prioridades relativas de los subcriterios con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación



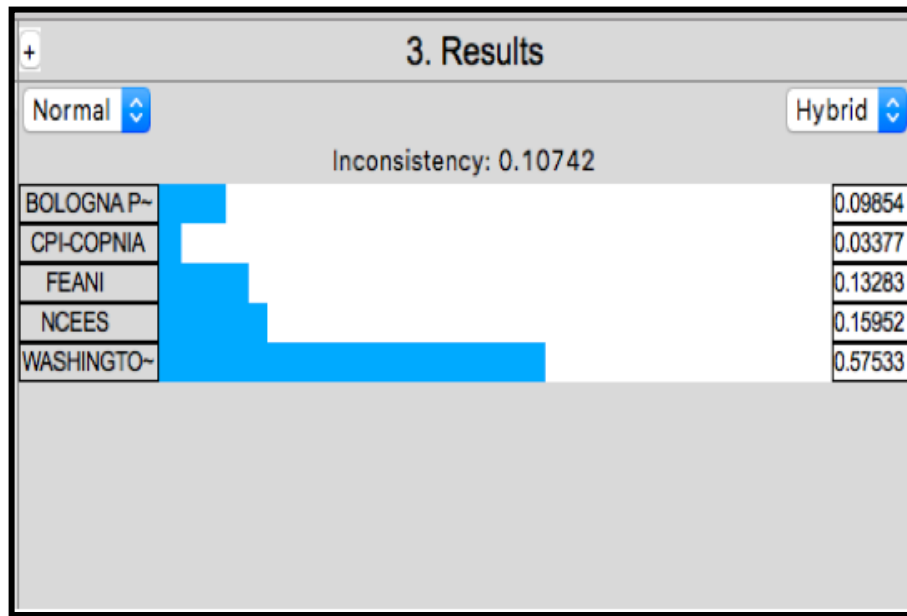
Con respecto al criterio C3. Impacto de la certificación, para los expertos del estudio, los subcriterios de mayor importancia con el subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación (0,47262) y el subcriterio SC32. Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país (0,37258), por último, el subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia (0,15480). Este comportamiento deduce la importancia de la movilidad profesional en el exterior y la cobertura de una certificación profesional relacionada con la movilidad internacional del ingeniero.

Para los expertos, es más importante que el profesional de ingeniería sea un ingeniero globalizado, por ende, las características que comprende esta tendencia, la multiculturalidad, el manejo de idiomas, el conocimiento de los aspectos geopolíticos y económicos globales; presentando coherencia con los aspectos relacionados con el subcriterio SC23. Habilidades transferibles.

- **Prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas)**

En la Figura 4-25 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería.

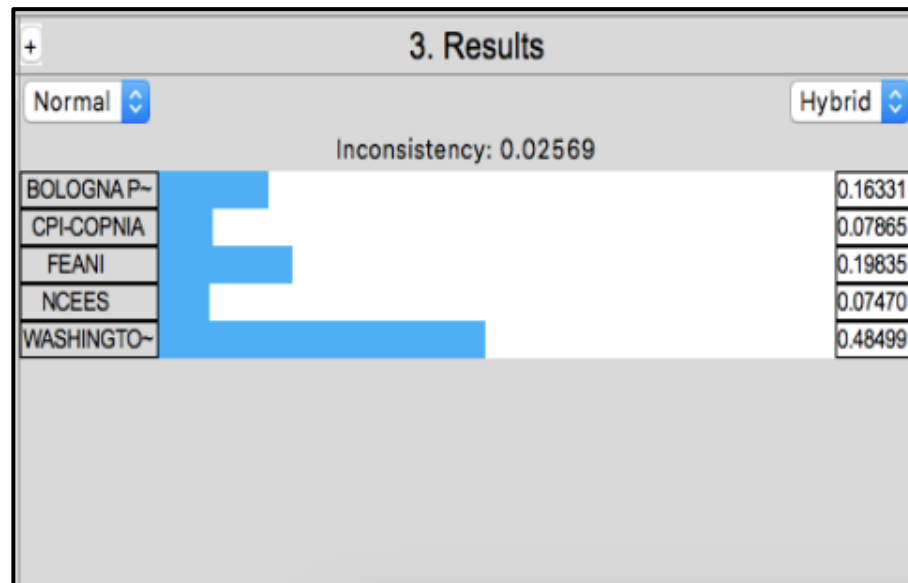
Figura 4-25: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería



En la figura anterior, se muestra que el modelo de certificación que presenta mayor preferencia para el subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería, es el de Washington Accord (0,57533), según los expertos del estudio. Los perfiles característicos del profesional de ingeniería que presenta dicho modelo de certificación satisfacen el subcriterio de conocimiento de ingeniería, según el consenso realizado a los expertos.

En la Figura 4-26 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC12. Análisis de problemas.

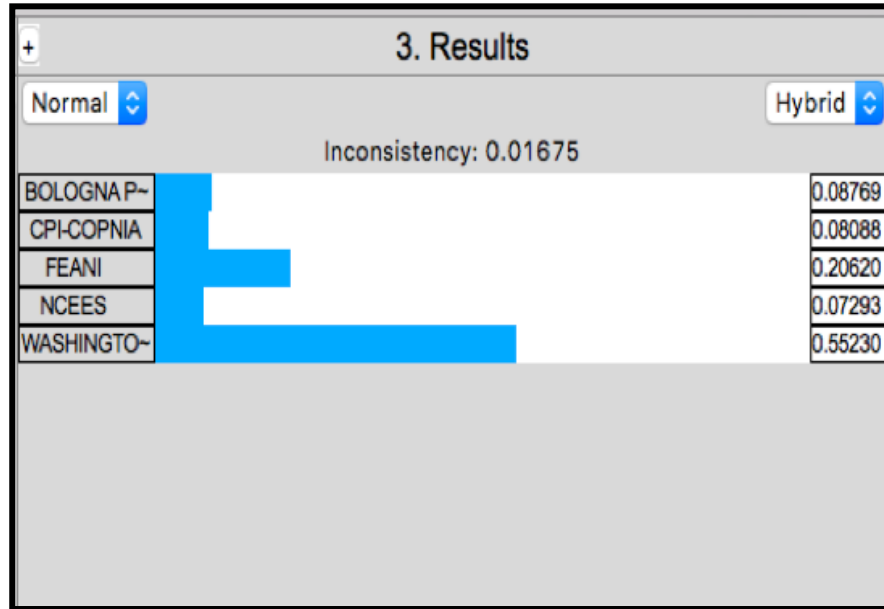
Figura 4-26: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC12. Análisis de problemas



En la figura anterior, el modelo de certificación que presenta mayor preferencia por parte del consenso realizado a los expertos es el de Washington Accord (0,48499), seguido por los modelos FEANI (0,19835) y Bologna Process (0,16331). Los perfiles del profesional de ingeniería presentado por el modelo Washington Accord son más completos y describen de manera detallada las características para el análisis de problemas que debe presentar el profesional en el ámbito del desarrollo de su labor.

En la Figura 4-27 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC13. Investigación.

Figura 4-27: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC13. Investigación

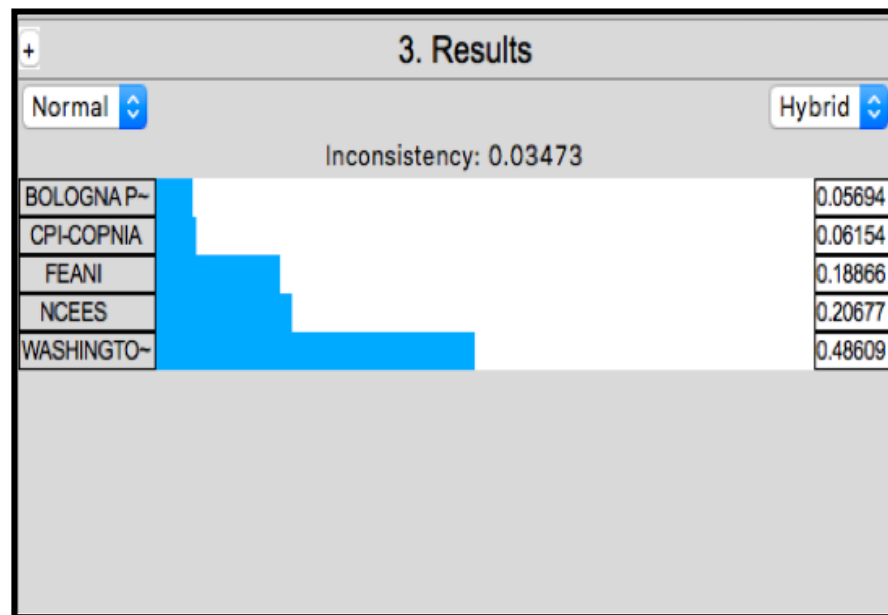


En la figura anterior, se muestra que el modelo más preferente por parte del consenso de los expertos que satisface el subcriterio de investigación es el de Washington Accord (0,55230). Los perfiles y características indicados en este modelo presentan mayor relevancia y son más detallados que las de los otros modelos de certificación. El modelo de certificación de la organización FEANI, sigue dentro del nivel de preferencia, con un valor de 0,20620.

Se puede observar en el análisis de estos tres subcriterios -Conocimiento de ingeniería, análisis de problemas e investigación- que están relacionados con el criterio C1. Competencia profesional, que el modelo de certificación que presenta mayor preferencia por parte de los expertos consensuados es el modelo de Washington Accord.

En la Figura 4-28 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC21. Diseño de ingeniería.

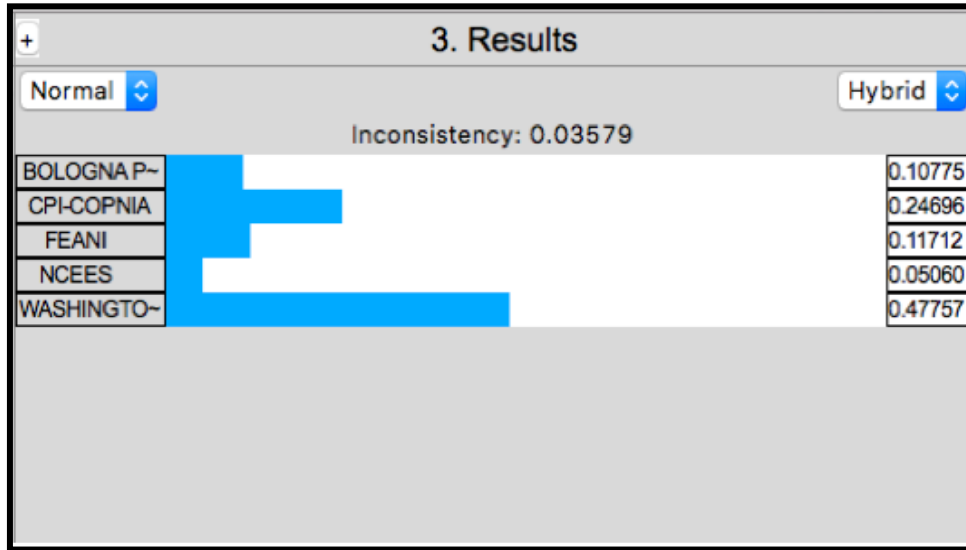
Figura 4-28: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC21. Diseño de ingeniería



En la figura anterior, se observa que el modelo de certificación que presenta mayor preferencia por parte de los expertos consensuados es el modelo de Washington Accord (0,48609), seguido por los modelos de las Organizaciones certificadoras NCESS y FEANI con unos valores de 0,20677 y 0,18866 respectivamente. El modelo de certificación Washington Accord presentan perfiles y características más adecuados para el subcriterio de diseño de ingeniería.

En la Figura 4-29 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC22. Práctica en ingeniería.

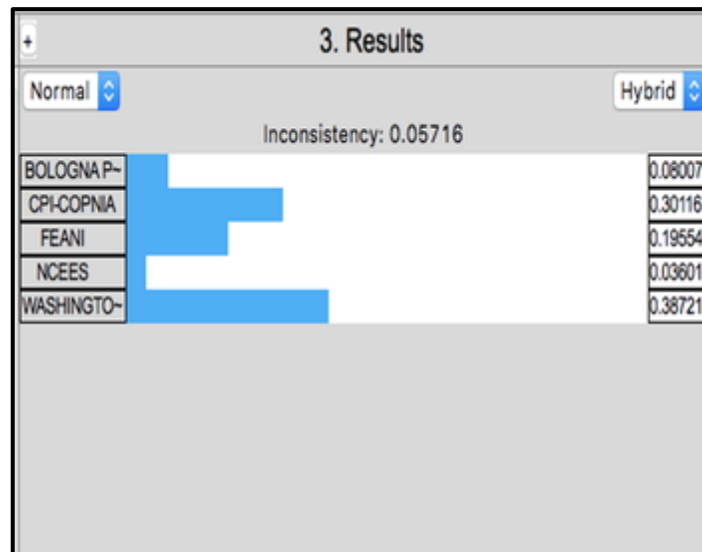
Figura 4-29: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC22. Práctica en ingeniería



Con respecto al subcriterio de práctica en ingeniería, el modelo de certificación que presenta mayor preferencia por parte de los expertos consensuados es el de Washington Accord (0,47757), seguido del modelo de los consejos profesionales de ingeniería en Colombia (0,24696). Los perfiles y características indicados en el modelo de Washington Accord presentan mayor relevancia para el subcriterio de práctica en ingeniería.

En la Figura 4-30 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC23. Habilidades transferibles.

Figura 4-30: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC23. Habilidades transferibles



En la figura anterior, se observa que los modelos que presentan mayor preferencia por los expertos consensuados son Washington Accord (0,38721) y los Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia (0,30166), para el subcriterio de habilidades transferibles.

Es pertinente indicar que las habilidades transferibles están relacionadas con el desarrollo ético de la profesión, el impacto que tiene el desarrollo de su profesión en la sociedad, habilidades de comunicación y la obligación de mantener la competencia en un desarrollo profesional continuo y el dominio de idiomas, aspectos relacionados con el liderazgo y el trabajo en equipo, liderazgo, habilidades en gestión de calidad, gestión de mantenimiento y uso de herramientas técnicas y estadísticas. Estas características se presentan en mayor detalle y relevancia para el modelo de Washington Accord.

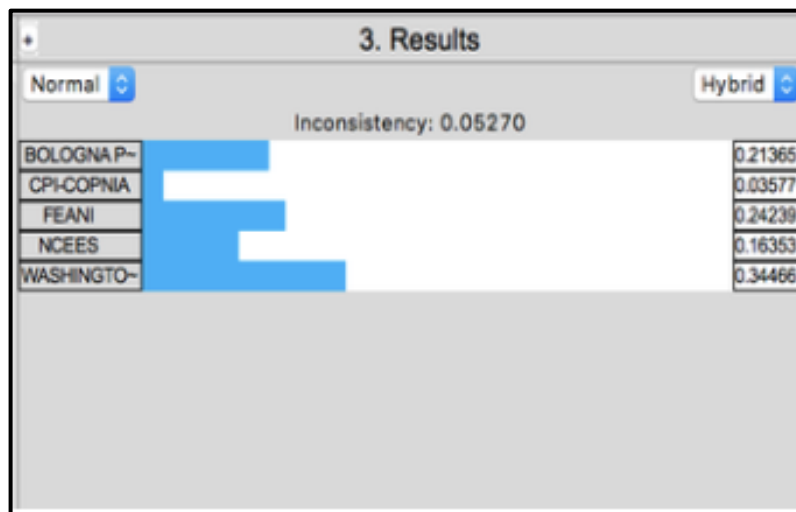
En los Consejos Profesionales de Ingeniería, es pertinente recordar que su objetivo principal está relacionado con velar por el cumplimiento del código de ética del ingeniero (Ley 842 de 2003), por ende, esta normatividad está más arraigada hacia los preceptos éticos de la profesión, los deberes y derechos del profesional de ingeniería en Colombia.

Se puede observar en el análisis de estos tres subcriterios -Diseño de ingeniería, práctica en ingeniería y habilidades transferibles- que están relacionados con el criterio C2.

Habilidad profesional, que el modelo de certificación que presenta mayor preferencia por parte de los expertos consensuados es el modelo de Washington Accord. No obstante, con el subcriterio de habilidades transferibles, el modelo de los Consejos profesionales de ingeniería en Colombia presenta una preferencia importante, dado que está relacionado con los derechos y deberes del profesional de ingeniería, indicados en el código de ética de ingeniería (Ley 842 de 2003). Como se indicó anteriormente, las habilidades transferibles están relacionadas con el impacto de la actividad de ingeniería en la sociedad, su comportamiento ético, características que presentan mayor arraigo en el código de ética de la ingeniería.

En la Figura 4-31 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación.

Figura 4-31: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación



En la figura anterior, se muestra que los modelos de certificación que presentan mayor preferencia por los expertos consensuados con respecto al subcriterio de la cobertura de países que tiene validez la certificación, son Washington Accord (0,34466), Organización FEANI (0,24239) y Bologna Process/EHEA (0,21365).

Es pertinente recordar que la cobertura de certificación está relacionada con la representación de la entidad en los países que hace presencia. Para el modelo de certificación Washington Accord su presencia y representación completa, está en quince

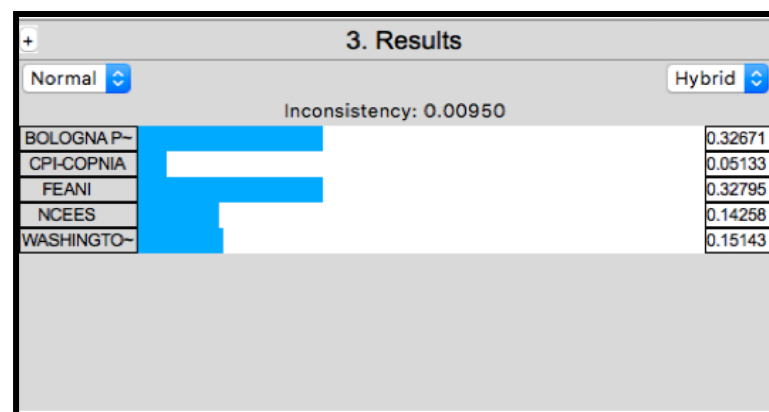
países y dos provincias en China y con representación parcial en seis países, tres de estos latinoamericanos -México, Costa Rica y Perú-.

La representación parcial indica que son entidades que están en proceso de revisión y evaluación del sistema de gestión para el cumplimiento de procesos y procedimientos del acuerdo.

Para el modelo de certificación Bologna Process/EHEA, la cobertura está dada en treinta y cuatro países, ubicados principalmente en Europa Central. Al comparar con los países que tiene representación Washington Accord, se observan similitudes con Reino Unido, Turquía y Rusia. Esto quiere decir que estos países, presentan los dos acuerdos simultáneamente.

En la Figura 4-32 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC32. Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país.

Figura 4-32: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC32. Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país



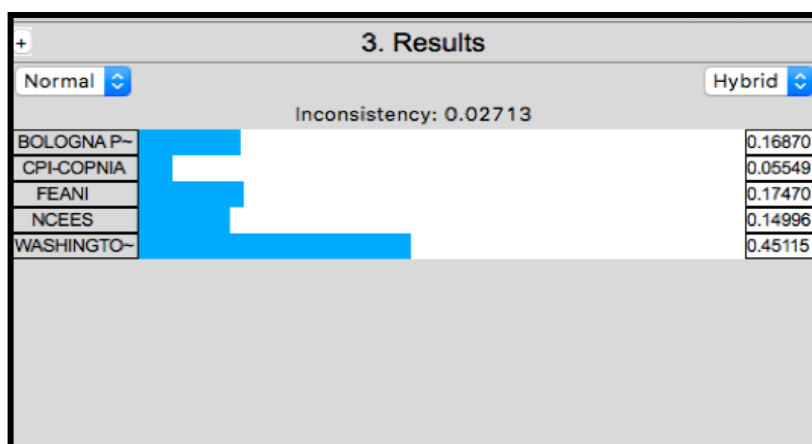
En la figura anterior, los modelos de certificación que presentan mayor preferencia por los expertos consensuados son FEANI (0,32795) y Bologna Process (0,32671), seguido por Washington Accord (0,15143) y NCESS (0,14258).

En este análisis se presenta un comportamiento particular con los modelos de certificación FEANI y Bologna Process, pues presentan valores similares, esto por consecuencia de su ubicación y cobertura geográfica que son similares para estas entidades. De otro lado, se observa que, según el juicio de los expertos consensuados, la mayor parte de los

profesionales de ingeniería de alta calificación están ubicados en Europa, por tal motivo, su preferencia por estas entidades. Este resultado ratifica los estudios de Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia⁵⁸, donde el mayor número de profesionales de alta calificación por país están establecidos en Europa.

En la Figura 4-33 se muestran los resultados de las prioridades relativas de los modelos de certificación (alternativas) con respecto al subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia.

Figura 4-33: Resultados de las prioridades relativas de las alternativas con respecto al Subcriterio SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia



En la figura anterior, se observa que el modelo que presenta mayor preferencia con respecto al subcriterio del número de profesionales extranjeros en Colombia es el modelo Washington Accord (0,45115), seguido por los modelos de FEANI (0,17470) y Bologna Process/EHEA (0,16870). Estos resultados ratifican los estudios realizados por Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia⁵⁹.

Este comportamiento puede presentarse por la movilidad internacional de profesionales extranjeros, realizado por las empresas multinacionales para el desarrollo de proyectos en sus filiales en Colombia.

⁵⁸ Documento de estudio extractado de <http://hdl.handle.net/20.500.11788/222> Julio 13 de 2018

⁵⁹ *Ibid.* p73

De otro lado, es pertinente ampliar la discusión en próximas investigaciones, acerca de los cambios del perfil migratorio actual, que involucra el problema migratorio que se presenta con la República Bolivariana de Venezuela, dada la gran cantidad de inmigrantes provenientes de este país y que se instalan en Colombia como país destino, o transitorio para los países suramericanos como Perú, Ecuador y Chile, así como a Estados Unidos. Los datos presentados sobre el número de personas que migran a nuestro país, es general y es pertinente analizar desde el punto de vista de los profesionales de alta calificación que realicen sus labores profesionales en Colombia.






Se puede observar en el análisis de los tres subcriterios -Cobertura de países que tiene validez la certificación, cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país y número de profesionales extranjeros en Colombia- que están relacionados con el criterio C3. Impacto de la Certificación, que los modelos de certificación de mayor preferencia por parte de los expertos consensuados son Washington Accord y Bologna Process/EHEA.

Es pertinente resaltar que los subcriterios de la cobertura de países que tiene validez la certificación y la cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país presentan una relación importante, pues dependiendo de la cobertura, también depende la emigración del profesional de ingeniería. Esto obedece a las características de movilidad profesional internacional que generan nuevas expectativas de desarrollo personal y laboral del ingeniero.

- **Prioridad Global**

Se dispuso a establecer la prioridad global a través del software Superdecisions por medio del comando sintetizar (*Synthesize*).

Figura 4-34: Resultados de la prioridad global de los modelos de certificación

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A1 WASHINGTON ACCORD		1.000000	0.399913	0.133304
A2 BOLOGNA PROCESS		0.446820	0.178689	0.059563
A3 NCEES		0.304677	0.121845	0.040615
A4 FEANI		0.562637	0.225006	0.075002
A5 CPI-COPNIA		0.186406	0.074546	0.024849

En la Figura 4-34 se muestra que el modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia es el modelo de Washington Accord con una prioridad global normal de 0.399913.

De otro lado, se muestra un comportamiento interesante en las prioridades globales normales de los modelos FEANI (0,225006) y Bologna Process (0,178689) que se pueden considerar para establecer un modelo propio a través de las características de los diferentes modelos de certificación. Por último, se observa la prioridad global normal de los modelos NCESS (0,121845) y los Consejos Profesionales de Ingeniería (0,074546).

Estos resultados corroboran la matriz de decisión y el análisis de dominancia realizado previamente al desarrollo del AHP donde se observa que algunas alternativas presentan mayor preferencia que otras, pero no presenta dominancia sobre éstas (pp. 120-122). Es importante destacar que, dada la preferencia presentada por los expertos, se puede establecer un modelo propio que involucren los criterios y alternativas de mayor incidencia que fortalezcan a una alternativa determinada para un país en desarrollo como Colombia.

Con el fin de comparar los resultados presentados por el Software Superdecisions, se realizó en Excel la matriz de prioridad global de los modelos de certificación. Los resultados presentados son similares a los arrojados por el Software.

En la tabla 4-31 se muestran las prioridades relativas y la prioridad global de los modelos de certificación. El comportamiento de los resultados es similar, dado que el modelo más apropiado y que presenta mayor relevancia es el modelo Washington Accord, seguido por el modelo FEANI y Bologna Process. Por último, se encuentran los modelos NCEES y consejos Profesionales de Ingeniería (CPI-COPNIA).

Tabla 4-31: Matriz de prioridad global de los modelos de certificación

Índice primer nivel		Índice segundo nivel			Índice tercer nivel (Modelos de certificación-Alternativas)				
Criterios	Peso criterios (Expertos)	Subcriterios	Peso subcriterios (Expertos)	PRIORIDAD GLOBAL (Criterios-Subcriterios)	A1. Washington Accord	A2. Bologna Process/EHEA	A3. NCESS	A4. FEANI	A5. Consejos Profesionales
C1. Competencia profesional	0.38954	SC11. Conocimiento de ingeniería	0.13497	0.05258	0.57533	0.09854	0.15952	0.13283	0.03377
		SC12. Análisis de problemas	0.51055	0.19888	0.48499	0.16331	0.0747	0.19835	0.07865
		SC13. Investigación	0.35448	0.13808	0.5523	0.08769	0.07293	0.2062	0.08088
C2. Habilidad profesional	0.13144	SC21. Diseño de ingeniería	0.44193	0.05809	0.48609	0.05694	0.20677	0.18866	0.06154
		SC22. Práctica en ingeniería	0.15139	0.01990	0.47757	0.10775	0.0506	0.11712	0.24696
		SC23. Habilidades transferibles	0.40668	0.05345	0.38721	0.08007	0.03601	0.19554	0.30116
C3. Impacto de la certificación	0.47902	SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación	0.47262	0.22639	0.34466	0.21365	0.16353	0.24239	0.03577
		SC32. Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país	0.37258	0.17847	0.15143	0.32671	0.14258	0.32795	0.05133
		SC33. Número de profesionales extranjeros en Colombia	0.15480	0.07415	0.45115	0.1687	0.14996	0.1747	0.05549
PRIORIDAD GLOBAL MODELOS DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL (ALTERNATIVAS)					0.39991	0.17869	0.12185	0.22501	0.07455

Fuente: El autor a partir del análisis de los resultados de las prioridades relativas de los criterios, subcriterios y alternativas

Aunque el modelo de certificación Washington Accord, presenta mayor prioridad según el juicio de los expertos, los modelos subsecuentes de prioridad son el FEANI y Bologna Process respectivamente, que, al analizar de manera detallada en los subcriterios, pueden presentar elementos que aporten en establecer un modelo propio que pueda ser implementado en un país en desarrollo como Colombia.

Con el fin de comparar y contrastar los resultados de las prioridades globales normales entre los modelos de certificación, es pertinente realizar un análisis de sensibilidad con el fin de analizar el comportamiento de la influencia presentada entre estos. Este análisis se muestra en el capítulo 5.

Con respecto a la aplicación de la propuesta metodológica para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería, se puede concluir que la aplicación de la metodología combinada (Goal-Based on Choice y MCDA) ha sido fundamental para determinar la priorización de los criterios, subcriterios y alternativas para establecer el modelo más apropiado de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2018). Las fases planteadas y los pasos establecidos en cada una de las fases han establecido la rigurosidad de un estudio completo de cada una de las variables a considerar en el estudio.

Análogamente, la conformación del panel de expertos, el desarrollo de instrumentos de recolección y valoración de datos y la validación de estos instrumentos y de los expertos, así como el proceso de consenso de los juicios de los expertos que presentaron resultados consistentes, generan confiabilidad en el desarrollo de la metodología.

Es pertinente indicar que, aunque los expertos son considerados por su experiencia en su profesión, el desarrollo de investigación y el conocimiento propio de su quehacer como profesional, en el desarrollo de procesos de valoración de criterios, pueden generar altos índices de consistencia. No obstante, dentro de los autores germinales relacionados con la metodología de análisis multicriterio, existen amplias discusiones sobre el particular. Por lo tanto, es importante contar con un número apreciable de expertos, con el fin de analizar sus resultados, su consistencia en las respuestas y establecer un consenso para unificar juicios de valor.

La construcción de la metodología ha sido plenamente justificada con su aplicación y es una contribución importante del desarrollo de esta investigación, pues se tuvo en cuenta la información de la revisión profunda de la literatura relacionada con los criterios y alternativas relacionadas con la certificación de los profesionales de ingeniería, La metodología estructurada de manera sistemática ayuda a establecer los pasos a seguir y los elementos a considerar para el análisis de la toma de decisiones en relación con la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

5. Discusión de los resultados

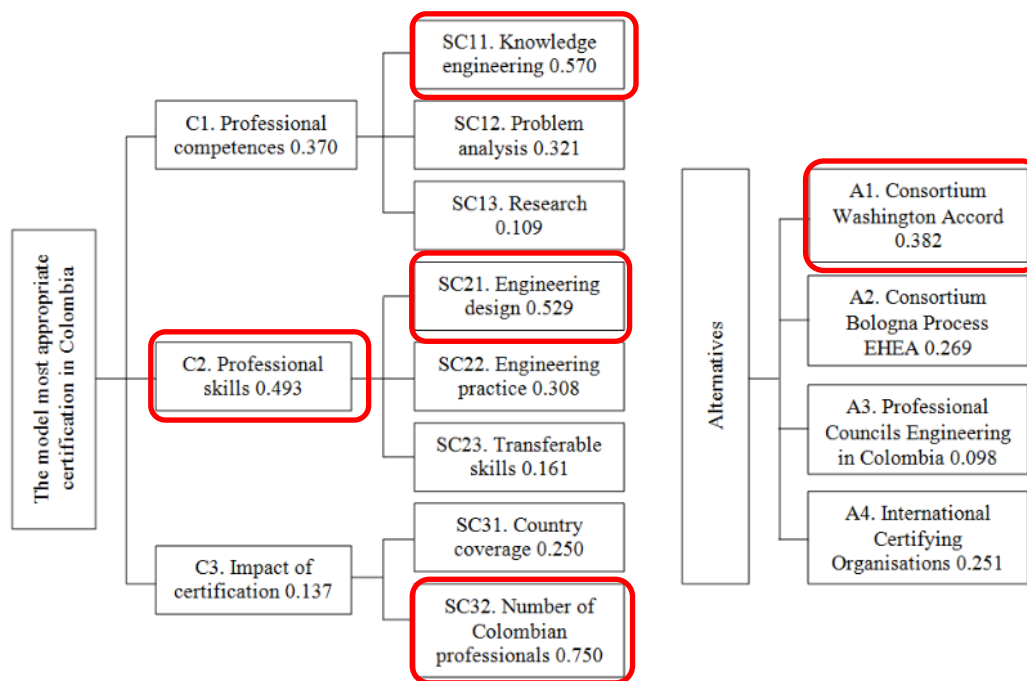
Este capítulo tiene como propósito, divulgar los resultados presentados en la aplicación de la propuesta metodológica y observar los alcances de los resultados en relación con la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia

Inicialmente, se tratarán los resultados preliminares presentados por Vasquez-Bernal & Cortés-Aldana, (2015). Seguidamente, se analizarán de los resultados de la aplicación del instrumento por parte del panel de expertos los cuales se tendrán en cuenta, dada la rigurosidad en el desarrollo de la metodología, para la priorización de los modelos de certificación profesional de ingeniería y en los resultados de los juicios de los expertos consensuados, dentro de la toma de decisiones en grupo (Cortés-Aldana 2006; Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M., 2003).

En este capítulo, se pretende responder al objetivo general de proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

5.1 Discusión de los resultados del estudio preliminar de los criterios de certificación profesional de ingeniería en Colombia

Dentro del proceso investigativo y de construcción de esta tesis doctoral, en el año 2015 se publicó un estudio preliminar sobre los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, tomando como base la aplicación de la metodología de análisis de decisiones multicriterio. En dicho estudio, se aplicó dicha metodología, que dieron los siguientes resultados.

Figura 5-1: Estructura jerárquica de criterios y alternativas (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)

En la Figura 5-1. Se muestra la jerarquía multicriterio y se puede observar la relación entre cada uno de los elementos y con el fin de profundizar en la discusión de los resultados preliminares, se hizo énfasis en los mayores pesos presentados en los criterios, subcriterios y alternativas (indicados con un lazo de color rojo).

En el estudio preliminar, el criterio que presenta mayor importancia es C2. Habilidades profesionales y el subcriterio relacionado con este que presenta mayor importancia, es el SC21 Diseño de ingeniería. Se puede deducir que un profesional de ingeniería debe poseer las habilidades en aplicar los conocimientos para resolver problemas de ingeniería, la gestión de la información, habilidades de comunicación y ética profesional. Análogamente el profesional de ingeniería debe poseer sólidos conocimientos en diseño de ingeniería, con el fin de diseñar soluciones (sistemas, procesos y/o productos) para problemas complejos, con el análisis del impacto generado por las actividades propias de su profesión.

De otro lado, es pertinente analizar que el subcriterio SC11. Conocimiento de ingeniería y SC32. Número de profesionales colombianos de alta calificación por país, presentan importancia. El subcriterio de conocimiento de ingeniería refuerza lo relacionado con las habilidades para aplicar dicho conocimiento en la solución de problemas en el desarrollo de su profesión, mientras que el subcriterio del número de colombianos de alta calificación por país incide en la importancia de la movilidad profesional internacional y la cobertura de un modelo de certificación tomando como base los profesionales de ingeniería colombianos que desarrollan sus actividades en el exterior.

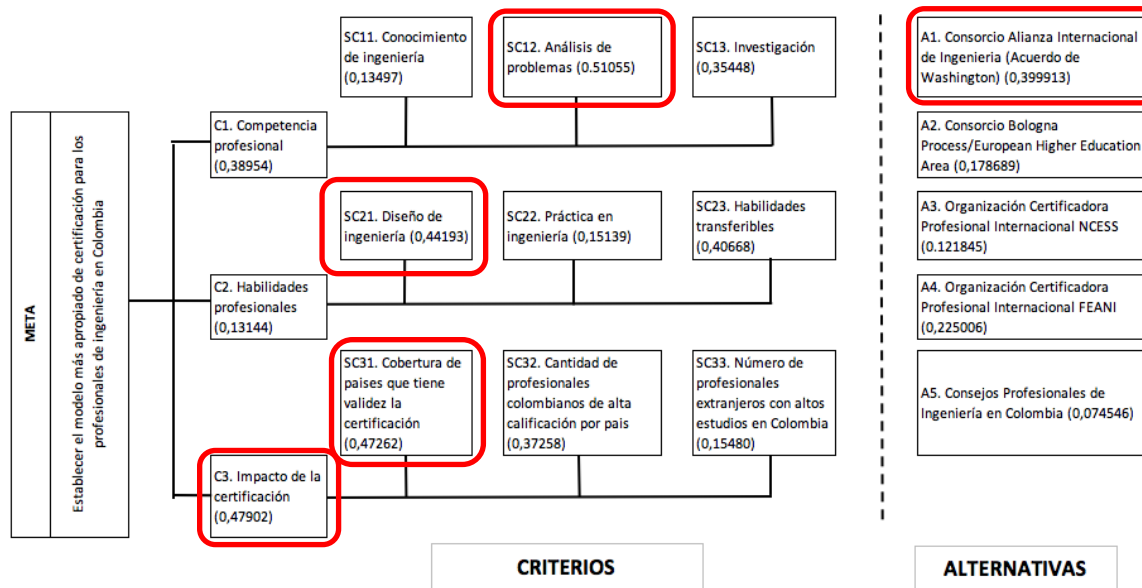
Al efectuar la revisión de las preferencias de las alternativas, se observa que A1. Consorcio Washington Accord (0,382) presenta mayor preferencia, seguido por A2. Consorcio Bologna Process (0,2609). Esto quiere decir que el modelo de Washington Accord presenta mayor preferencia y enmarca mayor relevancia con respecto a los subcriterios. La prioridad global resultante del análisis preliminar indica que el modelo de certificación Consorcio Washington Accord, satisface los subcriterios y criterios de la estructura jerárquica, que sustenta la meta del modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería.

A partir de este estudio preliminar, se presenta alta motivación para la construcción de una metodología a partir de la revisión de la literatura relacionada con los criterios y alternativas para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, contemplando el apoyo de expertos, que a partir de sus juicios de valor y el consenso de los juicios consistentes de los expertos, se estableciera el modelo de certificación más adecuado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

5.2 Discusión de los resultados del estudio realizado por el panel de expertos

Con el fin de comparar los resultados del estudio preliminar, se estableció la metodología para la toma de decisiones en la priorización de los modelos de certificación (Vasquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018), en la cual se construye a través de unas fases metodológicas⁶⁰, donde se involucran expertos con el facilitador del proceso y una serie de pasos organizados de manera sistemática para construir y validar los datos, los expertos, para asegurar coherencia en los resultados⁶¹.

Figura 5-2: Estructura jerárquica de criterios y alternativas -pesos y rankings



En el diagrama de jerarquías se observa que el modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia es en Consorcio Washington Accord (0.399913). Con el fin de poder analizar de manera integral el diagrama acerca de las preferencias y la importancia de los subcriterios y criterios, se resaltan los valores altos en la figura 5-2.

⁶⁰ En el capítulo 3 de este documento, se describe de manera detallada las fases metodológicas para la toma de decisiones en la priorización de los modelos de certificación profesional

⁶¹ Las fases metodológicas y los pasos de cada fase se desarrollan detalladamente en el Capítulo 4 de este documento

El criterio de mayor importancia es C3. Impacto de la certificación y su subcriterio relacionado SC31. Cobertura de países que tiene validez la certificación, este comportamiento presentado en los resultados de los juicios de los expertos consensuados es importante la proyección que tiene un profesional de ingeniería en el exterior y esto se ratifica con el subcriterio de cobertura de países que tiene validez la certificación, dentro del contexto de la movilidad profesional internacional. Es pertinente analizar que el siguiente criterio que presentó importancia es el C1 de Competencia profesional y el subcriterio relacionado de mayor importancia es SC12. Análisis de problemas. De esto se deduce que el profesional de ingeniería debe tener la capacidad de identificar, formular y analizar problemas complejos con el uso adecuado de sus conocimientos, para estar en sintonía con los nuevos conocimientos y experiencias presentadas en otros países y su movilidad profesional internacional. Cabe destacar que estas características están bien establecidas en la literatura revisada y retomo a Vohra, Kasuba, & Vohra, (2006) acerca de la globalización de la ingeniería para incursionar en la movilidad internacional, el licenciamiento profesional internacional (Kasuba & Vohra, 2004).

De otro lado, el subcriterio SC21 Diseño de ingeniería, sigue dentro del nivel de importancia y esto aduce a que un profesional de ingeniería debe diseñar, sistemas, componentes o procesos que den solución a un problema específico en el desarrollo de su profesión, teniendo en cuenta los impactos tanto económicos, sociales u ambientales. Este subcriterio está relacionado con el de análisis de problemas de manera integral en la solución de problemas de la ingeniería.

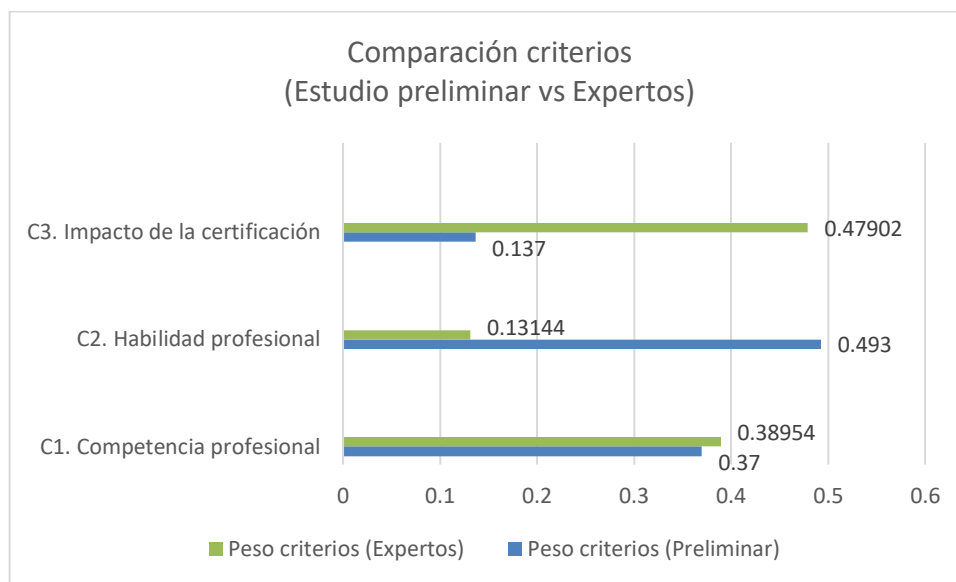
Es importante destacar que entre subcriterios se presentan relaciones que pueden generar determinados niveles de interés, por lo tanto, como aspectos en futuras investigaciones, la aplicación del proceso de análisis en red (ANP Analytical Network Process) puede seguir con una siguiente fase de desarrollo del estudio.

5.3 Comparación de resultados del estudio preliminar y el estudio del panel de expertos

Con el fin de comprender las variaciones en la ponderación de los pesos de los criterios y subcriterios, se realiza la comparación entre los dos estudios realizados

En la Figura 5-3 se muestra la comparación de las prioridades de los criterios, en la cual se observa coincidencias en el criterio C1. Competencia profesional y notables diferencias en los criterios C2. Habilidad profesional y C3. Impacto de la certificación.

Figura 5-3: Comparación prioridades criterios (Estudio preliminar vs Expertos)

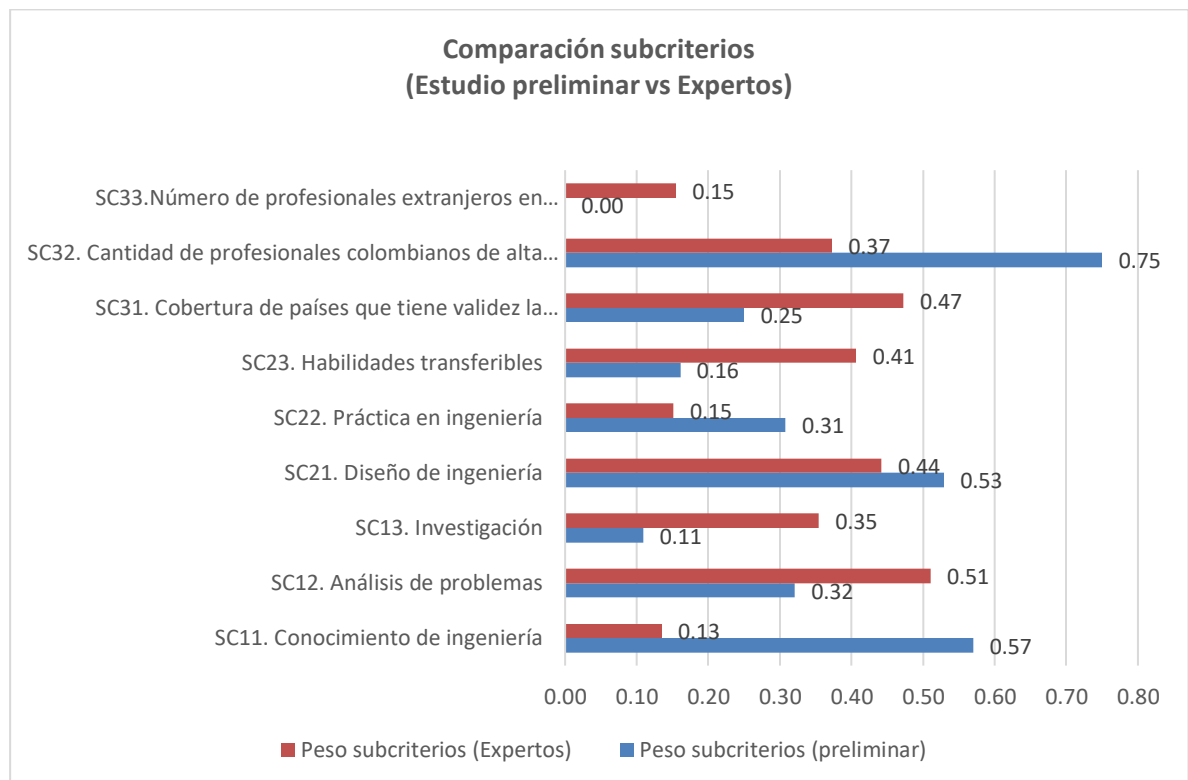


En los juicios consensuados de los expertos, es más importante el criterio C3 de impacto de la certificación, dada la necesidad del profesional de ingeniería en incursionar con sus actividades a nivel internacional, dentro del marco de la movilidad profesional internacional. Esto tiene relación con el criterio C1 de competencia profesional el cual presenta coincidencias en su importancia con el estudio preliminar, dado que la capacidad de solucionar problemas, actuar de manera autónoma y poder contribuir con el entorno profesional, es fundamental para el ingeniero globalizado

Por otra parte, en la Figura 5-4 se muestra la comparación de las prioridades de los subcriterios, donde se observan coincidencias interesantes en el subcriterio SC21. Diseño de ingeniería; por otra parte, una tendencia similar entre los subcriterios SC31. Cobertura

de países que tiene validez la certificación y SC32. Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país, en los cuales se permite dilucidar la relación de cobertura y profesionales colombianos en el extranjero para la movilidad internacional.

Figura 5-4: Comparación prioridades subcriterios (Estudio preliminar vs Expertos)



Con base en los juicios de los expertos consensuados, el subcriterio SC12. Análisis de problemas, SC21. Diseño de ingeniería, SC31 Cantidad de profesionales colombianos de alta calificación por país, ratifica la importancia del nuevo rol del ingeniero en ámbitos internacionales.

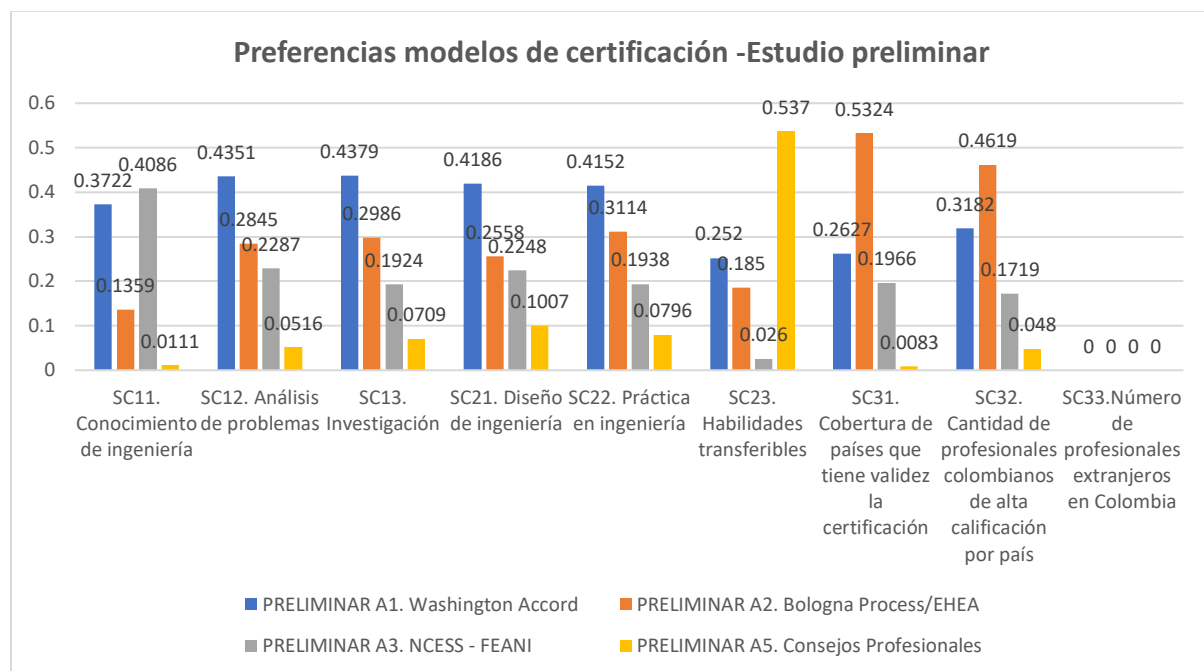
Es importante destacar que, a partir de estos resultados, se pueda construir una metodología propia, dando mayor prioridad a aquellos criterios y subcriterios que pueden ser más relevantes para un país en desarrollo como Colombia, lo que implica el análisis y discusión de los diferentes elementos que ayuden a fortalecer al profesional de ingeniería colombiano, en la dinámica de la movilidad profesional internacional.

Con base en los resultados presentados, y como recomendación, se puede observar la necesidad de afinar la priorización de criterios, subcriterios y alternativas, por medio del proceso de análisis en red (Analytical Network Process), para algunos casos que presentan similares ponderaciones dentro del nodo. Este es un ejercicio que se puede complementar como una proyección a futuras investigaciones.

Análogamente, se puede observar que los expertos no tuvieron preferencias obvias de una alternativa frente a otra, En el desarrollo del instrumento de valoración, se observó que dentro de los expertos se presentaron tendencias diferentes que no obviaron la respuesta que implicase un tipo de dominancia de una alternativa frente a las demás.

Con respecto a la preferencia de las alternativas (modelos de certificación) es pertinente analizar el comportamiento del análisis preliminar realizado (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015) y los resultados presentados a partir del juicio de los expertos consensuados.

Figura 5-5: Prioridades modelos de certificación (Estudio preliminar)

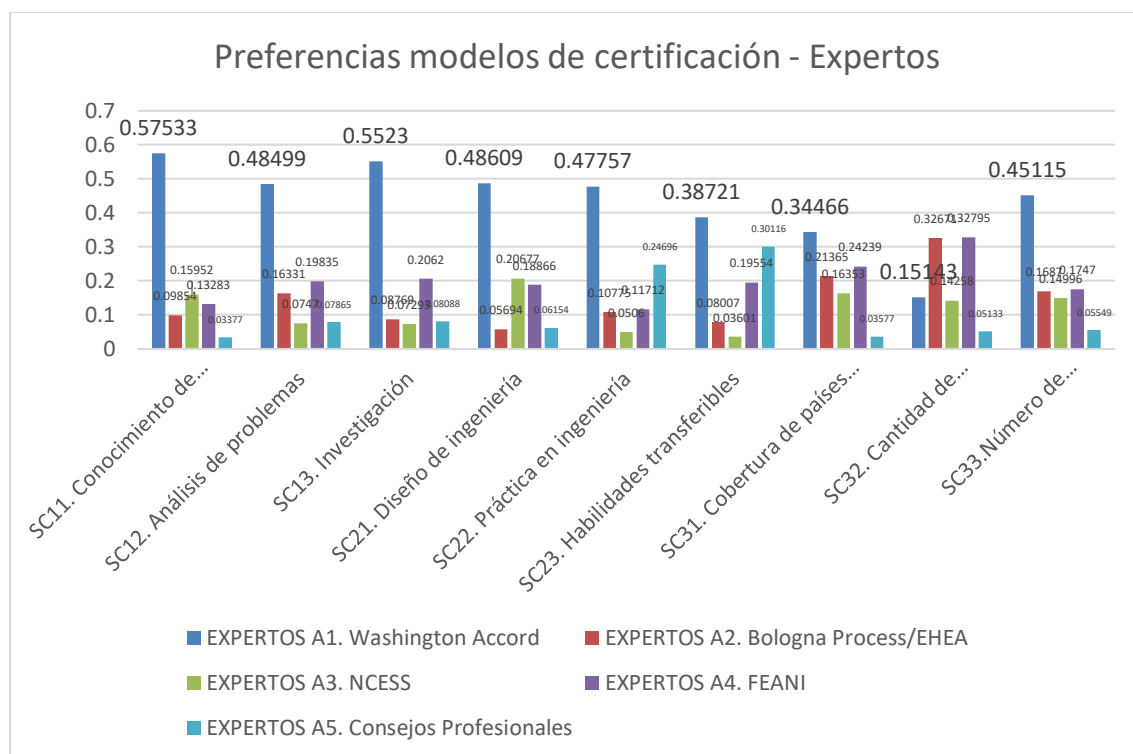


En la Figura 5-5 se muestra el comportamiento de las preferencias según el subcriterio analizado, se puede observar que la mayor preferencia se manifiesta con el modelo Washington Accord en los subcriterios SC12. Análisis de problemas, SC13. Investigación,

SC21. Diseño de ingeniería y SC22. Práctica de ingeniería; mientras que con los subcriterios de SC11. Conocimiento de ingeniería, el modelo de mayor preferencia es el de las organizaciones certificadoras NCEES y FEANI. Para los subcriterios SC31. Cobertura de la certificación y SC32. Cantidad de profesionales colombianos en otros países, el modelo de certificación de mayor preferencia es el de Bologna Process. Por último, para el subcriterio SC23. Habilidades transferibles, el modelo más preferente el de los consejos profesionales de ingeniería. Cabe indicar que, en el estudio preliminar, se tuvieron en cuenta cuatro alternativas (las organizaciones certificadoras NCESS y FEANI estaban como una sola alternativa) y no se había contemplado todavía el número de profesionales extranjeros en Colombia; elementos que se tuvieron en cuenta para el estudio definitivo realizado por los expertos.

En los resultados de los juicios de valor de los expertos consensuados, se observa en la Figura 5-6, que el modelo de certificación que presenta mayor preferencia es el de Washington Accord.

Figura 5-6: Prioridades modelos de certificación (Estudio Expertos)



Por otra parte, es importante destacar que se presentan coincidencias frente a la importancia de los subcriterios, tales como investigación, análisis de problemas, diseño de ingeniería. Es importante a partir de estos resultados, la posibilidad de construir un modelo propio que reúna los criterios más relevantes. Del mismo modo, son el insumo para la mejora del currículo de ingeniería y es un aporte para analizar las competencias de un ingeniero en pleno desarrollo en las instituciones de educación superior.

En este capítulo se puede concluir que el modelo más apropiado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia es el Consorcio Washington Accord, dado el comportamiento en la importancia de sus criterios y subcriterios y en las preferencias de las alternativas. Es pertinente observar que los valores de importancia presentados en los subcriterios y criterios otorgan elementos para tener en cuenta para la mejora de las competencias y habilidades de un ingeniero, que en la actualidad su tendencia es la de un profesional globalizado que su prioridad sea la movilidad internacional. Análogamente, estos resultados corroboran el análisis de dominancia realizado previamente a la aplicación del proceso AHP y los resultados presentados con un aporte muy importante para la construcción de un modelo propio, que pueda construirse a partir de las ventajas y oportunidades de cada uno de los modelos de certificación analizados, como una adaptación a las condiciones profesionales y académicas de un país en desarrollo como Colombia.

Los resultados presentados en esta investigación son el insumo para la mejora continua de los currículos de los programas de ingeniería en Colombia, con la tendencia de la acreditación institucional y posteriormente a la acreditación internacional. Para ello, retomo a Kasuba, Vohra y Vohra (2006) y Kasuba y Vohra (2004)⁶² acerca de la globalización del currículo de ingeniería y el cumplimiento de los seis elementos para el licenciamiento profesional, entre ellos el título acreditados en ingeniería.

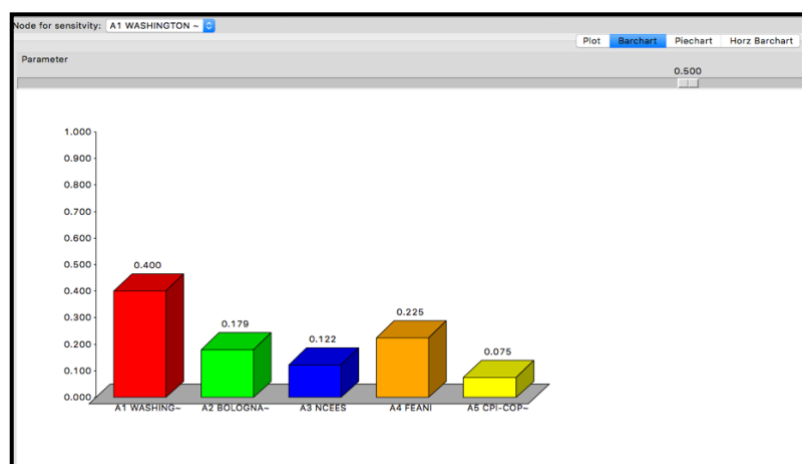
⁶² Autores germinales revisados de manera detallada en los capítulos 1 y 2 de esta disertación doctoral

5.4 Análisis de sensibilidad

Con el fin de determinar la incidencia de un modelo de certificación frente a otro y observar su comportamiento en la ausencia de uno de éstos, se realiza el análisis de sensibilidad a los resultados de la prioridad global de los juicios de los expertos consistentes.

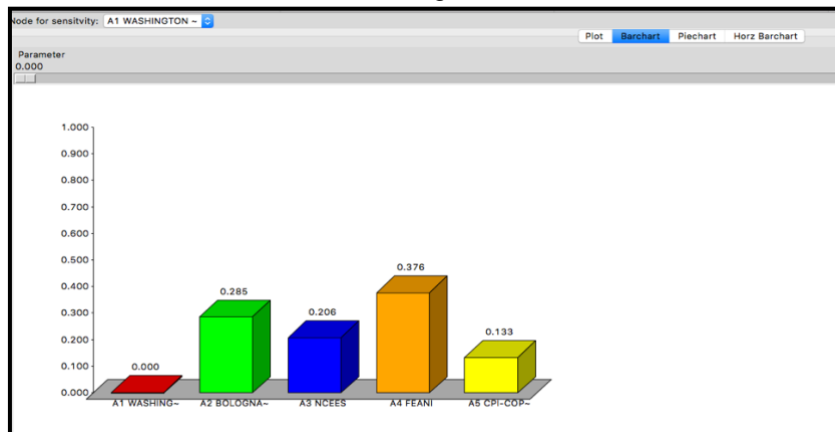
El software Superdecisions© presenta una herramienta para realizar el análisis de sensibilidad de los resultados. A continuación se muestra el análisis y la discusión de los resultados.

Figura 5-7: Resultados presentados de la prioridad global de los modelos de certificación



En la Figura 5-7 se muestran los resultados de la prioridad global. Este es el punto de partida para simular el comportamiento de los demás modelos de certificación con la ausencia de uno de ellos. Se inicia eliminando la alternativa A1. Washington Accord.

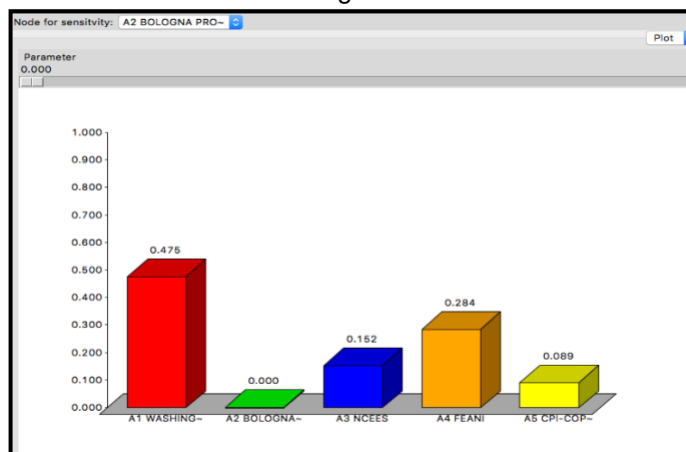
Figura 5-8: Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A1. Washington Accord



En la Figura 5-8 se observa que la alternativa A4. FEANI mantiene su nivel de preferencia frente a las alternativas A2. Bologna Process, A3. NCEES y A5. CPI-COPNIA, respectivamente, de lo que se deduce que la tendencia se mantiene en las condiciones iniciales de prioridad global.

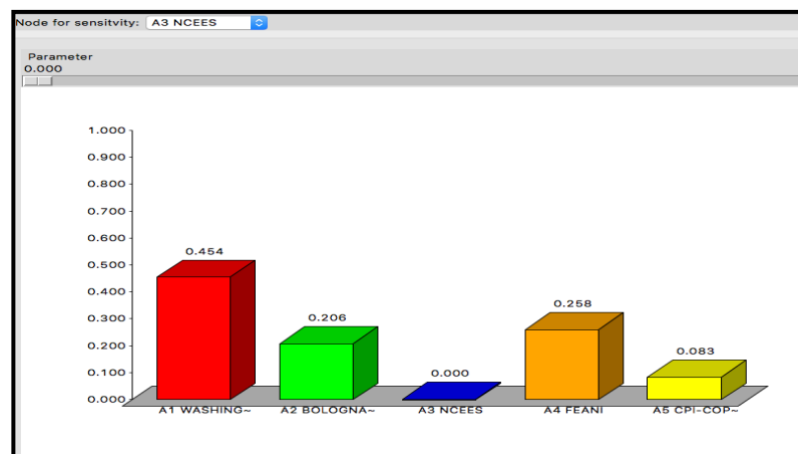
Las demás alternativas presentan incrementos considerables en sus valores (entre 100 y 151 puntos) lo cual se deduce que la alternativa A1 presenta una incidencia importante frente a las preferencias de las alternativas, no obstante, como indicó anteriormente, se mantiene la tendencia en las preferencias.

Figura 5-9: Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A2. Bologna Process



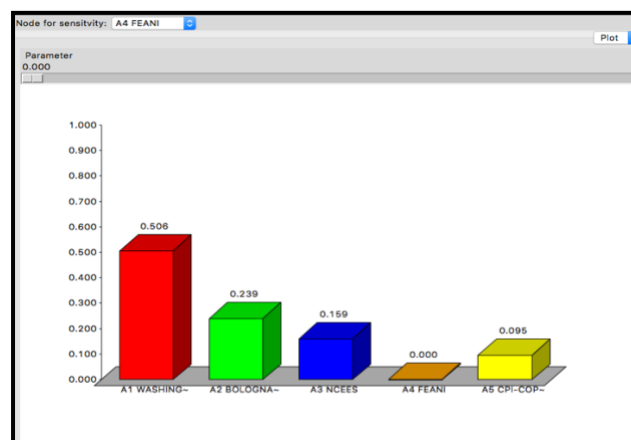
En la Figura 5-9, se observa incremento de 75 puntos en la preferencia de la alternativa A1. Washington Accord, con respecto a los resultados iniciales y se mantiene la tendencia de las preferencias de las demás alternativas en el mismo orden como se presenta en las condiciones iniciales de prioridad global.

Figura 5-10: Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A3. NCEES



En la Figura 5-10 se observan incrementos de 54 puntos para la alternativa A1. Washington Accord, de 27 y 33 puntos para las alternativas A2 Bologna Process y A4. FEANI respectivamente. Se mantiene la tendencia en los niveles de preferencia con respecto a las condiciones iniciales de prioridad global.

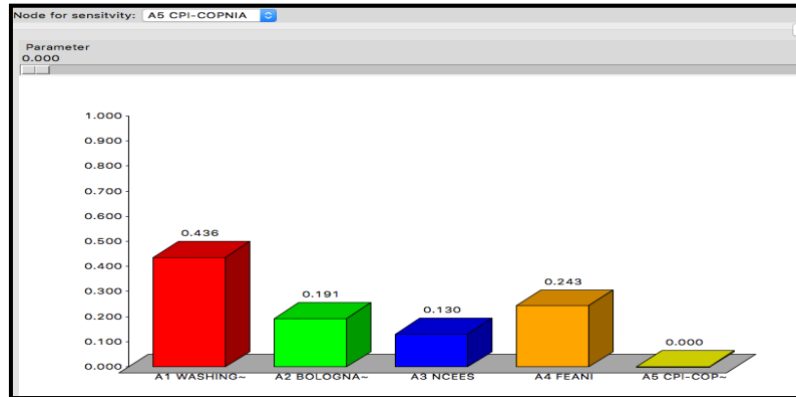
Figura 5-11: Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A4. FEANI



En la Figura 5-11 se observa un incremento importante de 106 puntos en la alternativa A1. Washington Accord seguido de la alternativa A2. Bologna Process con 60 puntos y la

alternativa A3. NCEES con 37 puntos. De este comportamiento se puede deducir que la alternativa A4. FEANI genera contrapeso con respecto a la alternativa A1. Al igual que en los comportamientos anteriores, se mantiene la tendencia en las preferencias con respecto a las condiciones iniciales de prioridad global.

Figura 5-12: Análisis de sensibilidad de las prioridades globales con la ausencia de la alternativa A5. CPI-COPNIA



En la Figura 5-12 con la ausencia de la alternativa A5 CPI-COPNIA, no se observan cambios significativos en las demás alternativas y se mantiene la tendencia de las condiciones iniciales de la prioridad global.

Del análisis de sensibilidad realizado a cada una de las alternativas, se puede deducir que se mantiene la tendencia de las preferencias y en el caso específico de análisis de las dos alternativas que presentan mayor preferencia (A1 Washington Accord y A4. FEANI). De otro lado, al suprimir la alternativa A1, se observan incrementos importantes en los valores de las demás alternativas, manteniendo su tendencia.

A partir de las discusiones realizadas de los resultados en este capítulo, se puede concluir que los aspectos relacionados con la movilidad internacional y las características propias de un profesional de ingeniería en los ámbitos de diseño de ingeniería, análisis de problemas, competencia profesional y habilidades transferibles, son importantes para preparar a un ingeniero en el entorno globalizado. Las nuevas tendencias en el desarrollo de las actividades profesionales en otras latitudes son elementos motivadores que los nuevos ingenieros deben considerar para fortalecerse en los aspectos multiculturales, solución de problemas y su impacto en diferentes entornos; entender los problemas en conjunto de manera holística y comprender las diferentes variables que pueden afectar en la toma de decisiones, son características para tener en cuenta en la adaptación hacia estas tendencias.

6. Conclusiones y proyección de futuras investigaciones

Este capítulo, muestra las conclusiones finales, nuevas tendencias y nuevas corrientes generadas como resultado de la investigación.

Se retoman las conclusiones presentadas en cada uno de los capítulos y se compilan para entenderlos sistemáticamente; del mismo modo, se contrastan con las preguntas de investigación y los objetivos específicos planteados en esta tesis.

A partir de estos análisis se pretende generar nuevas vertientes de conocimiento, que incidan en el desarrollo de nuevos trabajos investigativos.

6.1 Conclusiones finales

Desde el inicio de esta investigación doctoral, se tuvo la motivación en analizar los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia. Se inició con la revisión y análisis de la reglamentación y normatividad de los diferentes entes reguladores en Colombia, Estados Unidos, Canadá, Guatemala, Honduras, El Salvador; como resultado se presentó una ponencia internacional en septiembre de 2011 en Bangkok (Tailandia) y publicado en SCOPUS (Vasquez-Bernal, 2011). Para ver la publicación puede revisar el enlace (<https://ieeexplore.ieee.org/document/6031739/>).

De otro lado, con el apoyo del director de tesis, se presentó una ponencia en la Universidad Nacional de Colombia en el evento “Encuentro Nacional de Investigación y desarrollo ENID 2012 Universo-Energía”. Estos primeros análisis generaron nuevos elementos a considerar para profundizar el área de investigación relacionada con la certificación profesional.

En el proceso investigativo para el desarrollo de esta disertación, se ha realizado extensas revisiones y análisis que conllevaron a generar la construcción de nuevo conocimiento

relacionado con la certificación profesional, las corrientes sociológicas relacionadas con el profesionalismo y las teorías relacionadas con la toma de decisiones. Para ello, los cursos dirigidos tomados en el doctorado fueron de gran importancia para la estructuración de la ruta de investigación.

Para comprender la relación existente entre estas teorías, se dispuso a entretrejer las ideas presentadas por los teóricos germinales por medio del análisis, contrastación y revisión de artículos de revistas indexadas, que dieron como resultado la construcción de contextos - Contexto profesional-sociológico y el contexto institucional-normativo – (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015) que fueron primordiales para comprender la relación de las teorías del institucionalismo y el profesionalismo (sociología de las profesiones) en cuanto al impacto de las profesiones en diferentes países. Análogamente, la revisión del estado de conocimiento de los temas relacionados con la certificación, acreditación y licencia-registro, fueron fundamentales para determinar las características de un profesional de ingeniería en un entorno de globalización (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015).

De otro lado la metodología de análisis multicriterio, ayudó a comprender de manera sistemática, los aspectos relevantes para una adecuada toma de decisiones (Barba-Romero & Pomerol, 1997). Análogamente, junto con la metodología del enfoque basado en metas -*Goal-Based on Choice*- (Hammond & Keeney, 1999) (Carlson et al., 2008), se realizó el estudio preliminar de la certificación de profesionales de ingeniería en Colombia (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015) y como aporte el afinamiento y la construcción de una metodología combinada aplicada para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia (Vásquez-Bernal & Cortes-Aldana 2018).

Para entretrejer las corrientes sociológicas y de las diferentes teorías relacionadas con el institucionalismo, profesionalismo y la triada de la acreditación con los elementos del análisis de decisiones multicriterio, el curso de toma de decisiones (postgrado) fue primordial para estructurar de manera cuantitativa los elementos y características cualitativas de las teorías en criterios, subcriterios y alternativas. Como resultado y aporte importante de esta tesis es la construcción una metodología combinada del enfoque basado en metas y el análisis multicriterio, para poder organizar la información sistemáticamente para medir el nivel de importancia de los criterios y subcriterios, así como el nivel de preferencia de las alternativas, a través de un proceso de toma de decisiones en grupo.

Con respecto a los aspectos relacionados con toma de decisiones en grupo, se profundizó en las teorías relacionadas con los expertos (autoridades en el tema), los mecanismos para su análisis y valoración para la conformación de paneles de expertos y las características propias que hacen a un profesional experto (Mieg, 2009). Es importante resaltar que en el proceso de toma de decisiones se genera incertidumbre y el uso de técnicas como la toma de decisiones en grupo por consenso, ayudan a dar un grado de certeza en la información podrá reducir la brecha entre lo desconocido y los criterios necesarios para escoger la alternativa más adecuada.

En el ejercicio realizado sobre la aplicación de instrumentos en el panel de expertos y los resultados sobre los índices de inconsistencia altos, ratifica la incertidumbre presentada en la toma de decisiones del experto (García-Sierra & Zerda-Sarmiento, 2017), por lo tanto, se estableció el consenso entre los expertos consistentes (Cortés-Aldana 2006; Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M., 2003), para reducir el índice de inconsistencia. De otro lado, es pertinente contar con una base importante de expertos, con el fin de tener la posibilidad de descartar aquellos que presentaron mayor índice de inconsistencia y realizar el proceso de consenso entre los juicios de los expertos, con el fin de establecer la importancia de los criterios y las preferencias del panel de expertos.

Contrastación de los objetivos específicos y las preguntas de investigación planteados

A continuación, se toman los objetivos específicos planteados y se discuten los resultados que satisfacen cada uno de estos.

Objetivo Específico 1. Analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional.

El cumplimiento de este objetivo se puede apreciar por medio de la revisión del estado de conocimiento desarrollado en el capítulo 1, el cual concluye que se presentan beneficios, oportunidades y riesgos en lo referente al profesional de ingeniería como individuo, su ocupación como insumo transformador en las organizaciones y el riesgo que se puede presentar si no se fortalecen los aspectos de control. Por otra parte, los elementos analizados desde cada uno de los enfoques y teorías (institucionalismo, profesionalismo,

acreditación-certificación-licencia) generan elementos y características a considerar en el análisis de decisión multicriterio.

De igual manera responde a la pregunta *¿Qué mecanismos cuentan las asociaciones y consejos profesionales para certificar a los profesionales de ingeniería?*, mediante el análisis de los procesos que realizan los Consejos Profesionales de Ingeniería en Colombia, como organismo de inspección y vigilancia del Gobierno Nacional, la revisión de los títulos universitarios en la actividad administrativa en el otorgamiento de la tarjeta profesional y velar por el cumplimiento de la Ley 842 de 2003 relacionada con el código de ética del profesional de ingeniería colombiano. La discusión presentada en el capítulo 1., acerca de las organizaciones que se transforman mediante los cambios presentados en el entorno (isomorfismo) generan aspectos de cambio organizacional para los consejos profesionales de ingeniería. Como resultado de esta revisión del estado de conocimiento, se publicó el artículo titulado “Movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: Una revisión desde el profesionalismo y el institucionalismo” en la Revista Inge@UAN Tendencias de la Ingeniería (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)

Las nuevas tendencias en la conformación de firmas profesionales especializadas - *Professional Specialized Firms – PSF* (Gand, Sardas, Schilling, & Werr, 2009), (Hydle & Brock, 2017), (Boussebaa & Faulconbridge, 2018) establecen nuevos temas de investigación que están relacionados con el entorno del profesionalismo y la profesionalización.

Objetivo Específico 2. Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.

El desarrollo de este objetivo se observa en las conclusiones presentadas en el capítulo 2, las cuales indican que los diferentes aspectos teóricos analizados en los artículos germinales relacionados con la globalización de la profesión en ingeniería, la movilidad internacional y licenciamiento de los profesionales de ingeniería, son aspectos fundamentales para la construcción de criterios; por otra parte, los atributos, perfiles, descriptores relacionados por los consorcios del Acuerdo de Washington, Bologna Process, la reglamentación y normatividad enfocada como derechos y deberes del profesional de ingeniería indicado en la Ley 842 de 2003 aplicado por los consejos profesionales de ingeniería y los lineamientos de las organizaciones certificadoras internacionales, conforman un grupo de alternativas que presentan ciertos atributos en

común y se complementan entre sí para la construcción de criterios, dentro de un conjunto de elección.

De igual forma, este objetivo responde a las preguntas planteadas: *¿Cómo establecer un enfoque integrado de criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería con base en los modelos de certificación existentes? ¿Cuáles son los criterios que se tienen en cuenta para certificar a los profesionales de ingeniería?*, pues se realiza un análisis juicioso de cada uno de los elementos (atributos y descriptores) que presentan los modelos de certificación y se establecen como criterios, dando como resultado una estructura jerárquica del objetivo relacionado con establecer el modelo de certificación profesional más apropiado para Colombia, con base en unos criterios, subcriterios y alternativas, producto de la revisión y análisis sistemático.

Los aportes de investigación presentados es la construcción de una metodología para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, donde se aplica en sus fases el AHP, la organización estructurada del objetivo, los criterios, subcriterios y alternativas a través de un diagrama jerárquico, como modelo de certificación profesional de ingeniería.(Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015) (Vasquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018)

Como resultado de este proceso de revisión del estado de conocimiento y análisis exhaustivo de la información, se presentaron ponencias en eventos nacionales e internacionales y la publicación de un artículo en revista indexada internacional (SCOPUS Q2). Estos productos están debidamente indicados en el numeral 6.3. Productos resultados de investigación.

Los objetivos anteriores presentaron una importancia fuerte para el cumplimiento del objetivo de priorizar los modelos de certificación. Uno de los aportes de esta tesis fue la revisión sistemática y robusta de la literatura relacionada con el institucionalismo, el profesionalismo, la triada de acreditación y la revisión de los modelos de certificación existentes que generaron elementos fundamentales para la construcción de los criterios y subcriterios relacionados con los modelos de certificación (alternativas).

Objetivo Específico 3. Priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

El cumplimiento de este objetivo se evidencia en las conclusiones presentadas en los capítulos 3 al 5 donde se destacan los beneficios del método PROACT y el enfoque basado en metas (Goal Based on Choice) en la organización sistemática los elementos de entrada, para el análisis del problema en la toma de decisiones.

La metodología de análisis multicriterio, estructura los diferentes puntos de vista que se configuran como criterios, los cuales están relacionados con las alternativas y ayudan al decisor a establecer la solución más apropiada que satisface los objetivos y meta planteados, para la toma de decisiones.

Análogamente, la combinación de esta técnica y la metodología de análisis multicriterio, ayudó a estructurar la metodología combinada para la toma de decisiones en la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia (Vasquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018)

La revisión del estado de conocimiento sobre la aplicación de la técnica AHP, se destaca que, en las áreas de educación y universitaria, ha sido poca utilizada. En los aspectos donde se ha enfocado su uso, es en la toma de decisiones presupuestales, planeación y utilización de recursos físicos, la alineación de objetivos estratégicos hacia la tecnología, programación de carga académica a docentes. Es escasa la literatura científica con respecto a las competencias profesionales, entretanto, se observan cuatro artículos relacionados con la calidad de la enseñanza impartida por las instituciones (Lam & Zhao, 1998), (Liu, 2013), (Pang, Jihong & Liu, 2013), (Politis & Siskos, 2004) y un artículo relacionado con competencias profesionales en tecnologías de la información (Siskos, Grigoroudis, Krassadaki, & Matsatsinis, 2007).

La construcción metodológica propuesta (Vásquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018), establece de manera estructurada, las fases para la toma de decisiones. Cada fase, de manera sistémica, confluyen internamente los pasos para el cumplimiento de cada fase y en conjunto, se configura para la priorización de los modelos de certificación. Parte de la metodología propuesta, fue aplicada en el estudio preliminar de los criterios de certificación profesional de ingeniería, publicado por (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)

Por otra parte, en el capítulo 4 que establece la aplicación de la metodología construida, se destaca la aplicación del juicio de los expertos, previo análisis y validación de sus competencias y experiencia. Análogamente, la validación de los instrumentos de recolección de datos que utilizaron los expertos, con el fin de establecer la importancia de los criterios y subcriterios, así como la preferencia de los modelos de certificación profesional (alternativas). Este proceso, arrojó resultados interesantes indicados en el capítulo 5, sobre el comportamiento de los expertos en cuanto al desarrollo de un ejercicio de examinación de los parámetros utilizados para ponderar sus juicios. Se presentaron casos de expertos que tenían altos conocimientos académicos y experiencia en entidades de educación superior, que presentaron una inconsistencia muy alta, mientras que otros expertos con mayor experiencia en el área profesional presentando una inconsistencia manejable dentro de los parámetros de los autores especializados en la metodología multicriterio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003) (Moreno-Jiménez, 2002)

Estos resultados responden a la pregunta: De los modelos de certificación profesional de ingeniería existentes, ¿Cuál es el más apropiado para Colombia?, con base en los análisis de los resultados presentados por el panel de expertos, los criterios relacionados con la competencia profesional y el impacto de la certificación, son más importantes, dada la necesidad que presenta el profesional de ingeniería en la capacidad de dar solución a los problemas en su actividad profesional, la actuación autónoma, flexible a los cambios y a la contribución de su ejercicio profesional en la sociedad. De otro lado, la incidencia de la validez de la certificación en el exterior es fundamental para la movilidad internacional, dada la cantidad de profesionales que ejercen su profesión en otros países y la proyección y desarrollo en otras latitudes.

Por otra parte, los subcriterios relacionados con el conocimiento en ingeniería, el diseño de ingeniería y las habilidades transferibles, son los de mayor importancia. Retomando el análisis presentado en el capítulo 4, para los expertos, es más importante que el profesional de ingeniería sea un ingeniero globalizado, por ende, las características que comprende esta tendencia, la multiculturalidad, el manejo de idiomas, el conocimiento de los aspectos geopolíticos y económicos globales, análogamente, un profesional de ingeniería debe tener mayores fortalezas en el diseño de soluciones para los problemas complejos, el diseño de sistemas, procesos según sus necesidades, considerando los impactos culturales, ambientales, y la sociedad; lo cual está muy relacionada con las habilidades transferibles relacionadas con la comprensión de la profesión de ingeniería, su

importancia para la sociedad y el impacto de la profesión sobre la sociedad, las habilidades de comunicación, la capacidad de trabajar en equipo y el manejo ético de la profesión. Manteniendo fuertes los subcriterios de diseño de ingeniería y habilidades transferibles, podrá redundar en una buena práctica de la ingeniería en los procesos productivos, en el manejo de situaciones en la industria.

Retomando los análisis del capítulo 5, con base en los resultados presentados, y como recomendación, se puede observar la necesidad de afinar la priorización de criterios, subcriterios y alternativas, por medio del proceso de análisis en red (Analytical Network Process), para algunos casos que presentan similares ponderaciones dentro del nodo. Este es un ejercicio que se puede complementar como una proyección a futuras investigaciones.

Estos análisis concluyen con una propuesta metodológica para la toma de decisiones para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, que puede utilizarse como mecanismo que apoye el proceso de certificación de profesionales que realizan los Consejos Profesionales de Ingeniería.

6.2 Principales aportes

La revisión sistemática de las diferentes teorías del institucionalismo, profesionalismo, certificación y movilidad profesional son aportes significativos para la construcción de contextos que estructuran nuevas iniciativas para comprender los diferentes enfoques en donde un profesional en ingeniería presenta influencia, en su desarrollo como individuo, el impacto del desarrollo de su profesión en las organizaciones y en la sociedad, la capacidad de interactuar con otros profesionales y la importancia de estos aspectos dentro de las nuevas expectativas y aptitudes que se deben considerar como profesional globalizado.

La revisión y análisis riguroso de literatura relacionada con los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería, es un aporte muy importante para la configuración y construcción de la metodología. Como resultado de esta revisión, se publicó un artículo en revista indexada SCOPUS Q2 (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2015)

La construcción metodológica de las fases para la toma de decisiones, aplicado para la certificación de profesionales de ingeniería en Colombia (Vásquez-Bernal & Cortés-Aldana, 2018. *A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia*), a través de una metodología combinada del enfoque basado en metas y análisis de decisiones multicriterio, determinó los pasos a seguir para organizar y estructurar los elementos fundamentales para la toma adecuada de decisiones. Esta metodología ha sido aplicada también en temáticas como el impacto de la implementación de sistemas de gestión y el impacto en la biodiversidad en proyectos de construcción de carreteras (Vásquez-Bernal & Mosquera-Laverde 2018. *Impact of integrated management systems on organisations and the impact of road projects on biodiversity in Colombia*).

6.3 Productos derivados de esta investigación

A continuación, se relacionan los productos derivados de investigación, los cuales se organizan según los lineamientos del Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, año 2017⁶³

Tabla 6-1: Productos de nuevo conocimiento como resultado de investigación

PRODUCTO	AÑO	CATEGORÍA COLCIENCIAS	OBSERVACIONES	RELACIÓN CON EL OBJETIVO DE LA TESIS
Management Model for Development Projects in University - Business - Government Relations. Case Study: Certification and Recertification of Professional Engineering (ISBN:978-1-4673-0108-4)	2012	ART A2	2012 IEEE 6th International Conference on Management of Innovation and Technology, ICMIT 2012 Índice: SCOPUS(Q2) Ver enlace: https://ieeexplore.ieee.org/document/6225867/	Objetivo Específico 1. Analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional.
A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia (ISSN: 13283154)	2015	ART A2	Global Journal of Engineering Education Índice: SCOPUS(Q2) Ver enlace: http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publications/vol17no2/06-Vasquez-Bernal-O.pdf	Objetivo Específico 2. Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.
A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia	2018	ART B	World Transactions on Engineering and Technology Education Índice: SCOPUS(Q3) Ver enlace: http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Publications/Vol.16, No.1 (2018)/15-Vasquez-Bernal-O(1).pdf	Objetivo Específico 3. Priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

⁶³ Véase en la página web de COLCIENCIAS en:

http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_1_documento_conceptual_modelo_medicion_de_grupos_e_investigadores_2017_-_12_05_2017_protected.pdf

Tabla 6-2: Productos de Apropiación Social de Conocimiento como resultado de investigación

PRODUCTO	AÑO	CATEGORÍA COLCIENCIAS	OBSERVACIONES	RELACION CON EL OBJETIVO DE LA TESIS
La certificación de los profesionales de ingeniería: Un análisis multicriterio innovador ISBN: 978-958-8715-85-8 Enlace: http://cogestec.ingenio.com.co/db/separated/2014(104).pdf	2015	GC_CAP_LIB	Experiencias Internacionales Emergentes En Gestión Tecnológica Y De La Innovación Para El Desarrollo Territorial Enlace: http://isbn.camlibro.com.co/catalogo.php?mode=detalle&nt=239757	Objetivo Específico 2. Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.
Movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: una revisión desde el profesionalismo y el institucionalismo. ISSN: 2145-0935	2015	GC_ART ART_D	Inge@UAN Tendencias de la ingeniería Enlace: http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/ingewan/article/view/385	Objetivo Específico 1. Analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional.
Encuentro Nacional de Investigación y desarrollo ENID 2012 Universo-Energía	Agosto 2012	EC_A	Capitulo de memoria Modelo de Gestión para la Certificación y recertificación de los Profesionales de Ingeniería	
Certificación y Movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: Una Revisión de Literatura ISBN: 10-978-0-9822896-7, Vol., págs:54 - 60, Ed. EBSCO Publishing	Julio 2014	EC_A	Capítulo de memoria The Twelfth Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology LACCEI 2014. (Anexo F) Enlace: http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP083.pdf	
Documentary Analysis of Professionalization and Certification Processes Case Study: Certification of Professional Engineering in Colombia	Enero 2014	EC_A	Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali, Indonesia, January 7 -- 9, 2014 2014-01-09 conference-paper Part of ISBN: 978-0-9855497-1-8 Part of ISSN: 2169-8767 Enlace: http://ieomsociety.org/ieom2014/pdfs/425.pdf	Objetivo Específico 2. Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.

Tabla 6-2: (continuación)

PRODUCTO	AÑO	CATEGORÍA COLCIENCIAS	OBSERVACIONES	RELACION CON EL OBJETIVO DE LA TESIS
La certificación de los profesionales de ingeniería: Un análisis multicriterio innovador ISBN: 978--958--8715--85--8	Noviembre 2014	EC_A	IV Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación -Gestión de la innovación para el desarrollo territorial - COGESTEC- (Ver Anexo E)	Objetivo Específico 2. Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.
I Coloquio Doctoral de la Facultad de Ingeniería	Julio 2014	EC_A	Presentación de paper y poster Modelos de Certificación Profesional vs Objetivos Estratégicos: Un análisis multicriterio para la ingeniería en Colombia Certificación (Ver Anexo P)	
II Congreso Internacional Industria y Organizaciones - Logística, innovación y desarrollo tecnológico-	Agosto 2015	EC_A	Presentación de paper Una perspectiva innovadora de análisis de los criterios y alternativas de la certificación de profesionales de ingeniería en el contexto colombiano. Certificación (Ver Anexo Q)	Objetivo Específico 3. Priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.
3rd North American IEOM Conference - Washington DC- 2018. ISSN: 2169-8767 ISBN: 978-1-5323-5946-0	Septiembre 2018	EC_A	Presentación del paper ID 212 Professional Certification Engineering: A Goal-Based and Multi-Criteria Decision Analysis Approach, fue presentado como expositor distinguido en el evento. (Ver Anexo R)	

Este proceso de investigación ha generado el desarrollo personal como investigador, dado que en la Convocatoria 781 de 2017, se categorizó como [Investigador Junior \(IJ\)](#) y el fortalecimiento del grupo de investigación [GESTINDUSTRIALES EOCA](#), de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD en su categorización C.

6.4 Futuras investigaciones

Dada la importancia del tema de certificación profesional y movilidad internacional de los ingenieros en Colombia, se pretende seguir profundizando más en el tema. Los resultados obtenidos de este proyecto son la base e insumo para analizar más específicamente las diferentes especialidades de ingeniería, obteniendo productos de formación de talento humano (desarrollo de tesis de maestría o doctorado).

Los análisis presentados acerca de las teorías del institucionalismo y profesionalismo pueden arrojar otras vetas de conocimiento, relacionadas con las nuevas tendencias del profesional y su movilidad internacional, en lo relacionado con las firmas especializadas de profesionales (Boussebaa & Faulconbridge, 2018).

Profundizar en la aplicación del Proceso de Análisis en Red (ANP-Analytical Network Process) para afinar cada uno de los elementos que presenta la metodología y la aplicación del análisis multicriterio, con el fin de determinar relaciones entre criterios.

La aplicación de la metodología combinada (Vasquez-Bernal & Cortes-Aldana, 2018) en la categorización las competencias profesionales en las actividades logísticas, una rama la ingeniería industrial de gran importancia para los procesos que generan valor en las organizaciones.

El análisis del impacto de la certificación de profesionales de ingeniería en organizaciones transnacionales y como afecta dentro del cambio organizacional de estos conglomerados dentro de sus sistemas de gestión, desde el punto de vista de la transferencia de conocimiento transnacional (Hydle, and Brock, 2017).

La aplicación de la metodología combinada, junto con la toma de decisiones en grupo, presenta gran importancia para el desarrollo de proyectos medioambientales, donde los generadores de decisiones en estos proyectos presentan gran responsabilidad sobre sus juicios de valor.

El estudio y revisión realizados con el tema de expertos, la conformación de paneles de expertos, son temas de gran interés para la toma de decisiones. Analizar la incertidumbre presentada en los juicios de expertos, la toma de decisiones en grupo y el proceso de establecer consensos para reducir esa incertidumbre, puede enmarcarse como un macroproyecto en la toma de decisiones.

A. Anexo: Documento propuesta de tesis doctoral

A continuación, encontrarán la propuesta de tesis doctoral presentada en diciembre de 2013.

Nota: Para una mayor facilidad de consulta de los diferentes anexos que presenta esta tesis, estos han sido enlazados por medio de hipervínculos; con el fin de mantener una capacidad manejable para el archivo e indexación en biblioteca.

Los anexos serán impresos a solicitud y/o en cumplimiento de los diferentes requisitos de entrega de documentos ante el Comité Asesor de Posgrado y el Área Curricular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA

Vicedecanatura Académica

POSGRADOS

PRESENTACIÓN PROPUESTA

(Utilice o amplíe los espacios sugeridos según convenga – Tamaño Fuente: 12, Interlineado: 1,5)

TESIS DE DOCTORADO:

TESIS DE MAESTRÍA:

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA:

TRABAJO FINAL DE ESPECIALIZACIÓN

1. PROPONENTE: Oscar Alejandro Vásquez Bernal CÉDULA: 79646296 de Bogotá
2. PROGRAMA: Doctorado en Ingeniería –Industria y Organizaciones
3. DIRECTOR PROPUESTO: Félix Antonio Cortés Aldana PhD.
DEPARTAMENTO: Ingeniería de Sistemas e Industrial
ASESORES:
4. TÍTULO: Diseño de una Metodología de Análisis Multicriterio para la Certificación de los Profesionales de Ingeniería en Colombia
5. ÁREA: Industria y Organizaciones
6. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Métodos y Modelos de Optimización, Logística y Estadística en Ingeniería Industrial y Administrativa.
7. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN: (Indicar los desarrollos previos, circunstancias y condiciones que llevaron a la conclusión de la necesidad y conveniencia del proyecto)

Los Tratados de Libre Comercio suscritos y en proceso de negociación de Colombia con otros países, pretenden reducir y eliminar barreras para la libre movilidad de los profesionales con el fin de desarrollar negocios que generen utilidades para cada una de las partes, para ello se requiere la seguridad que el profesional cumpla con unos requisitos mínimos alineados con la normatividad internacional. El reconocimiento de certificaciones, licencias entre los países con respecto a la educación y experiencia profesionales, normas de conducta y ética profesional es fundamental para garantizar la libre movilidad profesional (Vásquez Bernal, 2011)

La profesión de ingeniería ha tornado la importancia de riesgo social pues es considerada una actividad que en ejercicio tiene alto impacto sobre la sociedad, su reglamentación nace de leyes emitidas por el Congreso de la República y diferentes estamentos legislativos que emanan decretos y normativas que establecer sus buenas prácticas.

Analizar el tema de las profesiones desde la sociología, enmarca su importancia dentro de tres contextos fundamentales: el individuo como profesional activo, los Consejos Profesionales de Ingeniería y Asociaciones Acreditadoras como entes que regulan y controlan el quehacer profesional y la sociedad donde el profesional se desempeña y efectúa su labor en ingeniería.

En Colombia el cumplimiento de la reglamentación para asegurar que el profesional de ingeniería lo otorga la matrícula profesional. La matrícula Profesional es un acto administrativo donde un Consejo Profesional verifica que el profesional egresado cumple con unos requisitos reglamentarios sobre el cumplimiento documental y procedimental para ejercer su profesión en cualquier sitio del país.

En el ámbito internacional las certificaciones profesionales son otorgadas por organismos independientes que realizan la validación de los títulos profesionales, competencias y experiencia, con el fin de asegurar la aptitud del profesional con base en unos criterios establecidos.

(Jang & Yu, 2008) Realizan los análisis y comparaciones entre la acreditación, certificación y la licencia ó registro denominando en conjunto como “la triada del proceso de acreditación”. La acreditación es el establecimiento de estándares de formación profesional y la regulación de la práctica profesional, esto representa cómo un programa de formación profesional asegura la calidad como resultado de su educación. El Licenciamiento es el proceso mediante el cual una agencia del gobierno garantiza un permiso al individuo para llevar a cabo una ocupación con base en el cumplimiento de requisitos mínimos y grado de competencia, asegurando que la salud pública, bienestar y seguridad estarán protegidos de manera razonable. El autor lo denomina como el control en la práctica. La certificación, denominada por el autor como el control del título, es el proceso por el cual una agencia gubernamental o no gubernamental o asociación garantiza la autorización para usar un título específico a un individuo que cumple unas cualificaciones predeterminadas. Hay dos tipos de control de título; el control de título gubernamental llamado certificación estatutaria y el otro control de título no gubernamental conocido como certificación voluntaria. La certificación voluntaria no está sujeta a control gubernamental. La certificación es un medio restrictivo de regulación, esto

permite competencia. El registro o matriculación significa un control de título dentro de un listado de ocupaciones que por el riesgo e impacto en la seguridad, salud y bienestar de los individuos en mínima. Este es el más bajo control de título que restringe la puesta en práctica de la ocupación.

(Kasuba & Vohra, 2004) Indica que el grado de acreditación profesional es parte esencial para el proceso de licenciamiento. Los autores hacen especial énfasis en la importancia del cumplimiento de seis elementos para el licenciamiento internacional:

- 1) Título acreditado en Ingeniería
- 2) Experiencias de ingeniería significativa y exigente;
- 3) Otorgamiento de licencias en el país de origen;
- 4) Compromiso con la educación continua;
- 5) La inclusión en los registros internacionales por la agencia del país de origen como un candidato calificado para su posible concesión de licencias por otros países;
- 6) Satisfacción de las necesidades jurisdiccionales de los países de acogida

El autor indica que el título acreditado en ingeniería debe cumplir con los parámetros internacionales de calidad académica, para lo cual expone a profundidad los procesos desarrollados por los dos más importantes consorcios dedicados a los temas de acreditación y calidad académica. Esos Consorcios son el Washington Accord y el Bologna Process/European Higher Education Area.

Los diferentes países miembros de estas organizaciones participan para que las cualificaciones y acreditaciones sean reconocidas por los diferentes miembros y se generen equivalencias en sus propias jurisdicciones. Para el Washington Accord creado en 1989 los países miembros son: Australia, China - Taipei, Canadá, Hong Kong – China, Irlanda, Japón, Corea, Malasia, Nueva Zelanda, Rusia, Singapur, Sudafrica, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos. Otros países que tienen una membresía provisional están Bangladesh, China, India, Pakistán, Filipinas Sri-Lanka. A este Acuerdo se adicionan otras dos organizaciones miembros como son el Sydney Accord y el Dublin Accord creadas en 2001 y 2002 respectivamente y apoyan en los procesos de acreditación al Washington Accord.⁶⁴

Para el Bologna Process/EHEA creado en 1999 por medio de la Declaración de Bologna, tienen congregados a 30 países miembros que comparten y que hoy en día tienen adscritos a cerca de 49 países, los cuales se encuentran: Albania, Andorra, Armenia, Austria Azerbaijan, Bélgica(comunidad Flamenca), Bélgica(comunidad Francesa), Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Comunidad Europea, Finlandia, Francia, Georgia, Alemania, Grecia, Santa Sede, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Kazajstán, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Malta, Moldavia, Montenegro, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania,

⁶⁴ Extractado y adaptado de <http://www.washingtonaccord.org/>

Federación Rusa, Serbia, República Eslovaca, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, la Antigua República Yugoslava de Macedonia, Turquía, Ucrania y Reino Unido.⁶⁵

(Kasuba & Vohra, 2004) siguiendo con los elementos para el licenciamiento internacional expuesto anteriormente, los siguientes cuatro aspectos hacen parte primordial para la certificación profesional: La experiencia profesional en ingeniería, el otorgamiento de licencias en el país de origen, el compromiso de la educación continua en ingeniería y la actualización e inclusión de registros internacionales en las entidades certificadoras del país de origen para establecer vínculos de concesión con los demás países. El último elemento considerado por el autor es el cumplimiento de la reglamentación profesional en los países de acogida.

Las entidades certificadoras más conocidas son: European Federation of National Engineers Associations (FEANI), federación que reúne a 32 asociaciones europeas que realizan el proceso de verificación de títulos académicos. El resultado es la certificación EUR ING que garantiza la competencia del profesional de ingeniería en los países miembros de FEANI.

En Estados Unidos la NCESS (National Council of Examiners for Engineering and Surveying) es una entidad sin ánimo de lucro dedicada al licenciamiento y evaluación de los profesionales de ingeniería en 50 estados, incluyendo al estado de Columbia, Guam Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. En Canadá la CCPE (Canadian Council of Professional Engineers) es una entidad que certifica a los profesionales de ingeniería en 10 provincias y 2 territorios en Canadá. (Vásquez Bernal, 2011)

Como se puede observar, el proceso de certificación y licenciamiento no depende solo de las entidades certificadoras sino de los criterios que se manejan de manera uniforme entre los consorcios acreditadores de los programas de ingeniería, las entidades certificadoras y la reglamentación de cada país de acogida.

La certificación del profesional de ingeniería efectuado por un organismo independiente ofrece el respaldo para un área de la profesión específica que cumple con unos criterios establecidos para que el individuo ejerza su profesión en un país determinado. Determinar estos criterios de valoración para la certificación de los profesionales de ingeniería es fundamental para analizar el nivel de competencia que poseen los profesionales de ingeniería en Colombia y poder comparar con los niveles de competencia de los profesionales de ingeniería a nivel internacional.

Con el fin de establecer el alcance de investigación es necesario determinar los países los cuales el profesional de ingeniería colombiano presenta mayor movilidad con el fin de encauzar los esfuerzos en analizar los modelos de certificación y licencia de las entidades certificadoras de esos países. Estudios realizados por la Organización Internacional de las Migraciones en el Documento Perfil

⁶⁵ Extractado y adaptado de <http://www.ehea.info/members.aspx>

Migratorio de Colombia 2012,⁶⁶ los principales destinos para los colombianos con alta formación son España, Estados Unidos, Brasil, Argentina, México, Chile, Francia y Canadá que forman el 84,6% del total de los colombianos con alta formación.

Teniendo en cuenta que existen varios modelos de certificación profesional en el mundo con sus ventajas y desventajas, es pertinente realizar un análisis de decisión multicriterio, con el fin de establecer una metodología para apoyar la selección del modelo más apropiado para un país como Colombia, en vías de desarrollo cuyo modelo de certificación puede ser complementado.

Estudios anteriores resaltan la importancia de utilizar el análisis multicriterio para los procesos de selección y desarrollo de modelos de acreditación y certificación. (Siskos, Grigorourdis, Krassadaki, & Matsatsinis, 2007) Proponen una metodología multicriterio para la evaluación de cualificaciones y competencias concernientes a los candidatos que desean ser acreditados en la profesión o especialización de tecnologías de la información. Dicha metodología se refiere a la evaluación de la experiencia profesional, estudios y formación vocacional de los candidatos de acreditación.

Con esta investigación se pretende efectuar un análisis de los distintos modelos de validación de las competencias, habilidades y experiencia de los profesionales de ingeniería aplicados por consejos y agencias de certificación internacionales para determinar el modelo adecuado para la certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia, mediante el Análisis de Decisiones Multicriterio con la aplicación del método AHP (Analytic Hierarchi Process)

8. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:

Asegurar que el profesional de ingeniería colombiano y extranjero cumpla con los requisitos legales y reglamentarios para practicar las actividades de ingeniería en el territorio, requiere de realizar el análisis de dos temas fundamentales: La aptitud del profesional de ingeniería y los criterios de evaluación y validación de los títulos que garanticen la aptitud y competencia (Vásquez Bernal & Cortés Aldana, 2012). En la actualidad los diferentes tratados de libre comercio motivan la movilidad profesional en los distintos países que presentan el tratado internacional. Los diferentes procesos institucionales que desarrollan los Consejos Profesionales de Ingeniería establecen una barrera necesaria para asegurar, validar y certificar que los profesionales de ingeniería cumplen con la normatividad.

La situación actual del profesional de ingeniería colombiano está enmarcada en que la movilidad profesional a otros países se ve afectada por el cumplimiento de los requisitos de convalidación de títulos en el exterior que los organismos de certificación solicitan y los criterios de cada organismo de certificación son diferentes en cada uno de los países.

⁶⁶ Ramírez C., Mendoza L. (2012) Perfil Migratorio de Colombia 2012. OIM Colombia.
<http://www.oim.org.co/publicaciones-oim/migracion-internacional/2576-perfil-migratorio-de-colombia-2012.html>

La situación deseada estará enmarcada en que para la adaptación a las condiciones establecidas por cada país para la movilidad profesional es necesario identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base el análisis de los modelos de certificación de otros países y proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

Preguntas de investigación

Del análisis de la situación actual y la situación deseada, surgen las siguientes preguntas de investigación que determinan el problema de investigación:

- De los modelos de certificación profesional de ingeniería existentes, ¿Cuál es el más apropiado para Colombia?
- ¿Cómo establecer un enfoque integrado de criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería con base en los modelos de certificación existentes?
- ¿Cuáles son los criterios que se tienen en cuenta para certificar a los profesionales de ingeniería?
- ¿Qué mecanismos cuentan las asociaciones y consejos profesionales para certificar a los profesionales de ingeniería?

La globalización y el desarrollo de tratados de libre comercio han generado cambios fundamentales en el desarrollo profesional de los ingenieros a nivel mundial. Los cambios en este entorno profesional han requerido de estudios a nivel del contexto profesional-sociológico donde se desenvuelve el profesional e interactúa con la sociedad. y el contexto institucional-normativo de las asociaciones profesionales de ingeniería que apoya al ingeniero y los diferentes ámbitos de acreditación y certificación profesional. Estos dos contextos son primordiales para comprender la importancia de la certificación y el impacto en la sociedad donde el profesional ejerce sus actividades.

Contexto Profesional-Sociológico

(Cheim, Williams, & Hinings, 2007) Determinan que las investigaciones de los roles e identidades de las profesiones no fundamentan la identidad profesional de manera profunda pues no dan cuenta de la participación de las fuerzas institucionales que afectan esta identidad. Los autores realizan el análisis de esas fuerzas desde tres niveles: el institucional, el organizacional y el individual. Los hallazgos encontrados en la investigación dan cuenta que la agencia profesional está habilitada y limitada por las influencias institucionales las cuales enmarcan la reglamentación y normatividad que forman el recurso material, en un ambiente de que provee interpretación y legitimidad.

La identidad profesional está enmarcada dentro de los valores personales, la ética profesional y los preceptos legales y reglamentarios que la profesión determina y las asociaciones profesionales promueven y vigilan.

Dentro de la metodología llevada a cabo por los autores, analizan el comportamiento profesional de los médicos en una clínica en Canadá la cual llevan a cabo el cumplimiento de la normatividad de

las autoridades de salud regional (RHA por sus siglas en inglés). Análogamente, viendo el crecimiento de la clínica, establecieron nuevas unidades de atención ofreciendo nuevos servicios enfocados al cuidado de la salud, lo cual determinaron cambios sustanciales en cuanto al cumplimiento de la normatividad y la ampliación de exigencias por el ente regulador. Esto afectó el sistema contable de la clínica pasando del pago por servicio a la instauración de una estructura salarial para los médicos, el manejo de un sistema de información robusto, la contratación de nuevos médicos de las diferentes especialidades que ofrecían y contratar una enfermera que ofreciera los servicios y realizara el impulso sobre las especialidades médicas nuevas a ofrecer.

Las fuerzas del entorno que afectan un mercado profesional específico, determina realizar cambios importantes en la estructura de la agencia en el ámbito organizacional y cambios comportamentales de los profesionales en la especialización de sus actividades. La dinámica de esos cambios y la atención prestada en esos procesos de cambio determinan la importancia de mantenerse en el mercado. El análisis realizado por los autores por medio del estudio de caso de los profesionales médicos, con el fin de establecer un modelo que explique las interacciones multinivel de los cambios a nivel institucional del profesional fueron afectadas por la organización. Mientras que los profesionales desarrollaban procesos micro que modificaban el rol profesional, la agencia u organización desarrollaba los procesos macro que legitimaban el rol profesional.

(Evetts, 2012) Realiza el análisis sobre la profesión, la profesionalización y el profesionalismo en tiempos de cambio y turbulencia. Define que la profesión es la categoría distintiva y genérica del trabajo y la ocupación y su importancia desde el contexto sociológico de las profesiones. La profesionalización como el proceso para alcanzar el estatus de profesión, interpretado como el proceso de búsqueda y consecución una identidad enmarcada en una profesión y pertenecer a un grupo de colegas que promuevan y mantienen intereses propios en términos de escala salarial, estatus y poder como una protección monopólica de la jurisdicción de la ocupación. El profesionalismo definido como la teoría del discurso entre el valor de la ocupación y la interpretación ideológica, determinado por la autora como un poderoso instrumento de cambio ocupacional y control social en los niveles micro, meso y macro de las diferentes ocupaciones, los contextos y condiciones en relaciones con los empleados y las organizaciones.

Contexto Institucional-Normativo

(Greenwood, Suddaby, & Hinings, 2002) examinan el rol de las asociaciones profesionales dentro del aporte al cambio en el campo institucional. Sugieren que éstas organizaciones dan la legitimización para el cambio, al igual de la teorización de los problemas con el fin de dar soluciones específicas apoyándose en innovaciones exógenas para adoptarlas difundirlas e implementarlas en la organización. Los autores para analizar esta problemática, revisan un caso de estudio con la Asociación de Profesionales de Negocios en la provincia de Alberta Canadá en un periodo de veinte años, desde el año 1977 al año 1997; observa el cambio del rol del área de especialización de la contaduría a ampliar las unidades de negocio y establecer un espectro más amplia de servicios profesionales enmarcados en gestión empresarial, gestión financiera, dentro de ámbito integrador de

servicios. El marco del estudio está en la transformación organizacional de un área de profesional específico a un campo profesional, así como los cambios estructurales y jerárquicos que se pudieron presentar en esa integración de organizaciones. Para entender el fenómeno fue necesario plantear un contexto teórico sobre el campo organizacional, para ello, los autores referenciaron la definición dada por DiMaggio y Powell, entendiéndola como la agrupación de áreas similares de conocimiento y funcionales que desarrollan sus procesos y alrededor de estas áreas entregan productos y servicios útiles para el campo organizacional, generando un organismo que interactúa internamente y se mantiene a las interacciones del entorno por su relación colaborativa de las áreas.

Posteriormente, los autores establecen los pasos para el cambio institucional; desde el movimiento precipitado dado por el entorno en el ámbito social, normativo, regulatorio, tecnológico, se genera una desinstitucionalización en el cual se presentan transformaciones estructurales donde se establecen nuevos jugadores en el negocio, ajustes de funciones y cargos, emprendimiento institucional; posteriormente sigue una pre institucionalización en el cual se realiza el afinamiento de la estructura, verifica su viabilidad técnica fundamental; la fase de teorización en la cual se plantea el problema y fundamentan su solución, acompañado con la difusión y divulgación de información que legitima el cambio organizacional. Por último está la fase de reinstitucionalización donde consolida la legitimización de los procesos pues se convierte en tema cognitivo para los actores de la organización.

Las organizaciones profesionales le imprimen la seguridad, confianza y respaldo en la teorización del cambio pues genera el seguimiento y la normatividad que está acorde con las buenas prácticas organizacionales de las áreas que conforman el campo organizacional.

Para generar un cambio organizacional con legitimidad, es necesario buscar el apoyo de organizaciones que aporten seguridad en la legitimización de las nuevas ideas. Para el caso de estudio de Greenwood R. el eje utilizado para apoyo en la legitimización del cambio fueron las organizaciones o agrupaciones profesionales. Establecer unas teorías válidas que satisfagan la necesidad de un grupo de áreas profesionales y a la asociación profesional que las ampara es fundamental para generar el cambio organizacional esperado. De otro lado, el análisis de los procesos internos de la organización son fundamentales para que permee resultados óptimos en el cambio. La legitimidad interna es prioridad para que se generen cambios que dan como resultado la legitimidad total de la organización.

El impacto generado por las condiciones del entorno, establecerán de manera importante las necesidades de cambio interno de la organización, lo cual, como resultado de la causa de dicho cambio, la organización responda en efecto con ajustes y modificaciones que equilibren nuevamente el sistema. Los procesos realizados por la organización para generar equilibrio, está acompañado por la inercia de las fuerzas que actuaban antes de presentar el cambio, por ende es importante mitigar dicho efecto con actividades contingentes que mitiguen y reduzcan la resistencia al cambio.

(Smets, Morris , & Greenwood , 2012) desarrollan un modelo de práctica institucional impulsado por el cambio originado en el trabajo cotidiano de las personas, desde los resultados en un cambio en la lógica a nivel de campo. Demuestran cómo la improvisación en el trabajo puede generar un cambio institucional, y dan cuenta del contraste existente centrado en el espíritu empresarial. Plantean los mecanismos específicos por los que el cambio surge de trabajo diario, se convierte, justifica y se difunde dentro de una organización posibilitando dinámicas que desencadenan el cambio.

Los autores indican que en la actualidad, los cambios organizacionales se dan en el trabajo de campo, desde la presencia de las situaciones que generan el cambio a nivel externo y la influencia que esas fuerzas externas conllevan, lo cual generará una respuesta de choque frente a esas influencias. La solución aplicada por medio de la improvisación y la colaboración del trabajo en equipo originan cambio en la organización a nivel institucional.

El estudio se enmarca en firmas de abogados que, en un proceso de fusión, requieren de lineamientos institucionales con el fin de enmarcarse en la normatividad legal de cada país. En el caso del estudio, en las leyes anglo alemanas, para ofrecer servicios transfronterizos. Aplican entonces el modelo multinivel del cambio institucional basado en la práctica, lo cual determina que los cambios institucionales son dinámicos y cambian cuando se están aplicando, por lo tanto, se observan tres mecanismos principales de cambio: la improvisación situada, la reorientación de normatividad en red, incorporación discreta.

Desarrollar la aplicación del cambio organizacional a partir del desarrollo empírico y en la práctica de cambios, determina la urgencia que moviliza la rapidez en la aplicación del cambio. Las experiencias aprendidas de los profesionales en desarrollar una actividad común, pero distinta normativamente en los países de estudio, genera un aprendizaje que puede unificar los criterios para desarrollar nuevos procesos. El análisis y comparación de resultados en el desarrollo de esas actividades da como resultado mejores prácticas y lecciones de aprendizaje para la mejora de los procesos. El cambio institucional siempre generará impactos importantes en la adopción, implementación y seguimiento de los procesos generadores de cambio dando como resultado, las resistencias propias a la renuencia al cambio, sin embargo, al realizar los cambios a través de multiniveles o pequeños cambios a los procesos y agrupar esos cambios para compilarlos, generan menos impacto y menos resistencia al cambio en el ámbito institucional. Las diferentes formas de abordar estos cambios y su divulgación también generarán el beneficio de un menor impacto.

Dentro del ámbito de certificación profesional es necesario analizar tres elementos que están correlacionados: la certificación, la acreditación y la licencia profesional. (Jang & Yu, 2008) hacen la comparación del modelo llevado a cabo por Estados Unidos sobre la acreditación-certificación y licenciamiento de los profesionales de ingeniería y hace la comparación con los procesos en Canadá y Reino Unido y sus diferencias. Hace la comparación con el sistema llevado a cabo en China. La aplicación de los tres elementos de acreditación, certificación y licenciamiento genera confusión, por ende el análisis realizado por los autores de cada uno de los elementos y determinan conceptos de

la aplicación e importancia. La acreditación es aplicada a las instituciones universitarias y afines, la certificación a las personas profesionales y el licenciamiento a los profesionales que desarrollan actividades riesgosas para la sociedad en cuanto a pérdidas económicas y humanas. Análogamente, (Kasuba, Vohra, & Vohra, 2006) indican que, dada las nuevas circunstancias sobre competencia globalizada, globalización de mercados los autores por medio del artículo fomentan a globalizar el currículo de ingeniería. Ese concepto innovador fue aplicado en el programa de ingeniería industrial de la Universidad Northern Illinois. DeKlab USA donde se introdujo el Énfasis de Ingeniería Global. El Énfasis de Ingeniería Global incluye un número de módulos que tratan de expectativas de lenguaje, habilidades de comunicación, multiculturalismo; aspectos sensibles que la ingeniería de clase mundial donde la ingeniería se integra con la sociedad y los negocios. Este enfoque depende fundamentalmente del apoyo de las empresas y corporaciones multinacionales que proveen la posibilidad de realizar prácticas empresariales (de verano) e internados empresariales en casos y proyectos específicos y aplicados. De otra parte, (Patil A. , 2004) presenta un corto proceso para aplicación de un modelo científico de acreditación tomando como base el proyecto de investigación de la certificación a tres fases. Sus referencias más usadas son Mitkowski, S.A. and Pudlowski, Z.J sobre currículo en alta educación. El autor toma los tres elementos de acreditación, certificación y licenciamiento como un ciclo. Incluye una investigación de los importantes aspectos de acreditación y procesos de evaluación en los cursos de tecnología e ingeniería mundial.

De otro lado, (Kasuba, Vohra, & Vohra, 2006) revisan que se presentan diferencias en la acreditación profesional y la licencia profesional, de igual forma que no a todas las profesiones de ingeniería requiere de la licencia profesional. Hacen una descripción de los licenciamientos profesionales en diferentes países del mundo. Concluye que el proceso es innecesariamente complejo, lento, que va con la protección del territorio. Recomendación aplicar los acuerdos de Washington Accord and Bologna Process/European Higher Education Area para sobrellevar este proceso complejo.

(Patil & Pudlowski, 2005) se esfuerzan por identificar los temas importantes de acreditación y aseguramiento de la calidad en la educación en ingeniería en todo el mundo. Estas cuestiones deben tenerse en cuenta al diseñar y desarrollar un marco de los estándares de acreditación o un modelo. Incluyen una estrategia de un diseño de estudios múltiples de casos con el fin de investigar los aspectos importantes de acreditación y evaluación.

Un caso importante expuesto por (Pokholkov & Chuchalin , 2004) describe como a partir de la Universidad Politécnica de Tomsk se establece el centro de enseñanza de la ingeniería Ruso-Asiática con convenios a nivel mundial. Cabe resaltar que, a partir de la tradición y legitimidad de la Universidad Politécnica de Tomsk, se conforman sinergias con organismos internacionales para crear instituciones para la internacionalización de la educación de la ingeniería. (Kelly, 2007) tiene como propósito hacer una revisión de la certificación y procesos relacionados para los profesionales de ingeniería civil. Destaca que, aunque la certificación y la acreditación están muy relacionadas, tiene diferencias importantes. Sus referencias enfocan hacia la normatividad bajo la ISO, IEEE, y reglamentación legal.

(Siskos, Grigorourdis, Krassadaki, & Matsatsinis, 2007) observan el caso de los profesionales en tecnologías de la información, que cada día se están cualificando por medio de cursos de extensión y adquiriendo mayor experiencia para contrarrestar las exigencias de un nuevo mercado cambiante. En tal sentido requieren la necesidad de cuantificar y establecer criterios para determinar la importancia de los cursos de extensión para la cualificación profesional y su experiencia. Proponen una metodología multicriterio para tener en cuenta los diferentes criterios fuera de los criterios institucionales de la profesión para cuantificar y establecer la competencia del profesional en tecnologías de la información.

De la revisión bibliográfica se puede concluir lo siguiente: se presentan beneficios, oportunidades y riesgos en lo referente al profesional de ingeniería como individuo, su ocupación como insumo transformador en las organizaciones y el riesgo que se puede presentar si no se fortalecen los criterios de control. A partir de la ilustración dada del análisis de los contextos anteriores se pueden tener en cuenta como grupos de criterios a la hora de seleccionar un modelo de certificación de profesionales en un país determinado. La investigación puede proponer una jerarquía de control con base en una metodología de análisis multicriterio, basada en los contextos profesional-sociológico e institucional-normativo.

El Análisis de Decisión Multicriterio

El Análisis de Decisión Multicriterio (Multicriteria Decision Analysis MCDA) es un término amplio que incluye una colección de conceptos, métodos y técnicas que buscan ayudar a los individuos o grupos a tomar decisiones que implican diferentes puntos de vista en conflicto y múltiples agentes interesados (Belton & Stewart, 2002)

A pesar de existir una importante literatura científica multicriterio, las herramientas, los métodos y hasta la propia reflexión multicriterio permanecen casi totalmente desconocidos por los técnicos y directivos de todos los niveles (Barba-Romero & Pomerol, 1997).

Existen diferentes y muy variadas aplicaciones del análisis de decisión multicriterio que realzan la importancia de su aplicación en aspectos complejos que con solo el uso de herramientas típicas de investigación de operaciones en la búsqueda de “la mejor decisión” y sin embargo el óptimo en el sentido estricto del término, no existe en el análisis multicriterio, ni por tanto en la inmensa mayoría de las situaciones reales de decisión (Barba-Romero & Pomerol, 1997)

Dentro de las herramientas más utilizadas en la aplicación del Análisis Multicriterio está el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchi Process AHP), técnica ampliamente utilizada en diversos campos de la ciencia, ingeniería y las ciencias sociales. (Ho, 2008) realiza una revisión bibliográfica de las aplicaciones del AHP en los diferentes campos disciplinares y científicos en revistas internacionales desde el año 1997 hasta el 2006 y cuyo insumo es valioso para los investigadores que aplican AHP en sus trabajos de investigación. Por otra parte (Subramanian & Ramanathan, 2012) efectúan la revisión de la literatura en la aplicación de Analytic Hierarchi Process (AHP) en la gestión de operaciones desde el año 1990 hasta el año 2009 en 291 revistas internacionales.

(Cortés Aldana, García Melón, & Aragonés Beltrán, 2007) utilizan el método AHP para solucionar el problema de selección de tecnología banda ancha en un proyecto de mejora de servicios de acceso en la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

Por otra parte, Analytic Network Process (ANP) es una generalización del Analytic Hierarchy Process (AHP) el cual puede desarrollar modelos complejos de problemas de toma de decisiones. (Saaty, 1999) indica que ANP es una herramienta útil para la predicción y representación de una variedad de competidores con sus interacciones y en sus fuerzas relativas influenciando en la toma de una decisión. Se presenta una gran variedad de aplicaciones de la herramienta de ANP, desde la escogencia del mejor proveedor, el proyecto que genera mayor potencial, la escogencia de la mejor mezcla de productos para la programación de producción. (Chung, Lee, & Pearn, 2005) Proponen la aplicación de la herramienta Analytic Network Process (ANP) para la selección de una mezcla de productos eficientes de manufactura para una empresa fabricante de semiconductores, (Wu & Lee, 2007) analizan cómo las compañías pueden mejorar en la selección y evaluación de estrategias de gestión de conocimiento antes de su implementación. Seleccionar una estrategia propia de gestión de conocimiento se considera un problema de toma de decisiones multicriterio con la utilización de ANP. (Cheng & Heng, 2005) Establecen un estudio empírico de la escogencia de proyectos de construcción que debido a su complejidad utilizan ANP para facilitar la toma de decisiones en cuanto a los proyectos potenciales. (Gómez-Navarro, García-Melón Mónica, Acuña-Dutra, & Díaz-Martín, 2009) presentan un nuevo enfoque para dar prioridad a los proyectos de planificación urbana de acuerdo con su presión ambiental en una manera eficiente y confiable. (Pastor-Fernando, Aragonés-Beltrán, Hospitaler-Perez, & García-Melón, 2010) proponen un nuevo enfoque para la selección y valoración de los criterios de licitación basado en Analytic Hierarchy Process (AHP) y Analytic Network Process (ANP). (Cortés-Aldana, García-Melón, Fernández-de-Lucio, Aragonés-Beltrán, & Poveda-Bautista, 2009) Presentan una nueva propuesta para medir el grado en que las metas u objetivos estratégicos de una universidad están en línea con los resultados obtenidos a través de sus mecanismos de transferencia de tecnología con la comunidad local. (Cortés-Aldana, García-Melón, Fernández-de-Lucio, & Aragonés-Beltrán, 2012) Los autores hacen énfasis en “las características de los agentes que transfieren, los medios de transferencia y evaluar el grado de alineación entre los fines u objetivos estratégicos de una universidad y los resultados obtenidos”

9. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS: (Evaluables)

OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional
- Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.
- Priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

10. METODOLOGÍA: (Descripción del procedimiento a emplear para obtener los objetivos propuestos).

El desarrollo de la metodología se efectuará por medio del relacionamiento de la actividad a desarrollar y su concordancia con las hipótesis planteadas.

Las actividades que detallan las etapas del proyecto las adelantarán por el Ingeniero Oscar Alejandro Vásquez Bernal, bajo la dirección del Profesor Félix Antonio Cortés Aldana PhD.

Detalles y descripción de la metodología de investigación.

Tipo de estudio - Estudio Descriptivo: El estudio será conducido para el diseño de la metodología para la certificación de los profesionales de ingeniería. El análisis y revisión documental de los modelos existentes de certificación profesional, la revisión documental de los procesos de acreditación, certificación y licenciamiento de los profesionales de ingeniería.

A. Fase 1. Revisión del Estado de Conocimiento:
Consulta y análisis de la documentación sobre profesionalismo y profesionalización (sociología de las Profesiones), los modelos de certificación profesional aplicados y los procesos de acreditación, certificación y licenciamiento de los profesionales de ingeniería.

Estudio documental: artículos científicos, artículos de conferencias internacionales, sobre el análisis de decisión multicriterio.

Revisión documental sobre la normatividad y reglamentación concerniente a la certificación profesional de las entidades certificadoras, consejos profesionales de ingeniería y entidades gubernamentales de los países de estudio.

Recolección de información secundaria en las asociaciones y consejos profesionales de ingeniería adscritos en Colombia.

Esta fase presenta una relación directa para el cumplimiento del objetivo específico de analizar y comparar los modelos de certificación profesional en ingeniería que existen y son aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional

B. Fase 2. Identificación y Estructuración de los criterios:

La certificación de los profesionales de ingeniería presenta diferentes modelos desarrollados de manera intuitiva y otros de manera cualitativa para lo cual con una metodología de análisis multicriterio podrá establecer los criterios que satisfagan el proceso de certificación. La consulta de información secundaria de los organismos de certificación, asociaciones profesionales de ingeniería, consejos profesionales de ingeniería, Ministerio de Educación Nacional afianzará la identificación del problema.

Entrevistas semiestructuradas con expertos de los tres estamentos principales. Por parte de la Empresa, establecer el contacto con los consejos profesionales de ingeniería y asociaciones sectoriales y gremiales. Por parte del Estado, el contacto con expertos en el área de competencias profesionales de ingeniería asociaciones de facultades de ingeniería y Ministerio de Educación Nacional. Por parte de la Universidad con el contacto directo con un investigador que haya realizado estudios y aplicaciones en el desarrollo de proyectos en la relación Universidad – Empresa – Estado y en el análisis de decisión multicriterio.

Formar un panel de expertos con las tres entidades de la Relación Universidad – Empresa y Estado para para la construcción consensuada de la matriz de decisión.

Esta fase es fundamental para dar cumplimiento al objetivo de Identificar y definir los criterios para la certificación de los profesionales de ingeniería tomando como base los modelos de certificación existentes.

C. Fase 3. Priorización de Criterios y Desarrollo de la metodología

En esta fase se recolecta la información sobre los resultados del panel de expertos y se realimenta el modelo propio resultante de la aplicación de la metodología de análisis de decisión multicriterio. Seguidamente se efectúa la validación del modelo y robustecer la metodología propuesta.

Esta fase cobra su mayor importancia para el cumplimiento del objetivo de priorizar los modelos de certificación en ingeniería existentes según las necesidades de certificación profesional en ingeniería para Colombia.

El desarrollo de las fases anteriores fortalece el cumplimiento del objetivo general de proponer una metodología de análisis multicriterio que apoye el proceso de certificación de los profesionales de ingeniería en Colombia

11. ACTIVIDADES A DESARROLLAR:

A continuación, se describen las actividades a realizar en cada una de las fases del proyecto.

Actividades Fase 1.

- A1-F1 Revisión de la literatura referente a la teoría de profesionalismo, profesionalización, así como acreditación, certificación y licencia/registro.
- A2-F1 Revisión de la literatura referente sobre metodologías de análisis multicriterio y las herramientas del Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process)
- A3-F1 Análisis de los artículos referentes al problema
- A4-F1 Análisis de las herramientas del Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process)

Actividades Fase 2.

- A1-F2 Revisión y consulta de la información relevante de los procesos de certificación de los Organismos de Certificación, Asociaciones Profesionales y Consejos Profesionales de Ingeniería
- A2-F2 Análisis de los modelos de certificación existentes aplicados por los organismos de certificación a nivel internacional como el Washington Accord y el Bologna Process/EHEA
- A3-F2 Realizar la comparación de los distintos modelos de certificación.
- A4-F2 Búsqueda y conformación del grupo de expertos pertenecientes a las Asociaciones Profesionales, Consejos Profesionales de Ingeniería, Asociaciones Gremiales, Universidades y entidades gubernamentales.
- A5-F2 Desarrollar entrevistas semi-estructuradas al grupo de expertos

Actividades Fase 3.

- A1-F3 Recolección de información del panel de expertos
- A2-F3 Diseño del modelo de certificación de los profesionales de ingeniería.
- A3-F3 Realizar la validación del modelo para robustecer la metodología propuesta
- A4-F3 Presentar un artículo sobre el problema y la metodología planteada a desarrollar para dar a conocer los adelantos y resultados a la comunidad académica.
- A5-F3 Divulgación de los resultados del proyecto por medio de conferencias, ponencias e informes en encuentros especializados.

12. CRONOGRAMA:

13. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Barba-Romero, S., & Pomerol, J.-C. (1997). *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Alcalá, España: Universidad de Alcalá de Henares.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publisher.
- Cheim, S., Williams, B., & Hinings, C. (2007). Interlevel Influences On The Reconstruction Of Professional Role Identity. *Academy of Management Journal*, 50 (6), 1515–1539.
- Cheng, E. W., & Heng, L. (2005). Analytic Network Process Applied to Project Selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 459-466.
- Chung, S.-H., Lee, A. H., & Pearn, W. (Abril de 2005). Analytic Network Process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. *International Journal of Production Economics*, 98(1), 15-36.
- Cortés Aldana, F. A., García Melón, M., & Aragonés Beltrán, P. (Abril de 2007). Selección de una tecnología de banda ancha par ala Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá usando una técnica de decisión multicriterio. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 27(1), 132-177.
- Cortés-Aldana, F. A., García-Melón, M., Fernández-de-Lucio, I., & Aragonés-Beltrán, P. (16 de 04 de 2012). Medición del grado de alineación de los fines de una universidad con los resultados obtenidos en su relación con el entorno socio-económico. *INGENIO(CSIC-UPV) Working Paper Series*, 1-15.
- Cortés-Aldana, F. A., García-Melón, M., Fernández-de-Lucio, I., Aragonés-Beltrán, P., & Poveda-Bautista, R. (16 de Diciembre de 2009). University objectives and socioeconomic results: A multicriteria measuring of alignment. *European Journal of Operational Research*, 811-822.
- Evetts, J. (2012). Professionalism in Turbulent Times: Changes, Challenges and Opportunities. (2012). *Propel International Conference Stirling University* (págs. 1-33). Stirling UK: ProPel.

- Gómez-Navarro, T., García-Melón Mónica, Acuña-Dutra, S., & Díaz-Martín, D. (09 de Septiembre de 2009). An environmental pressure index proposal for urban development planning based on the analytic network process. *Environment Impact Assessment Review*, 319-329.
- Greenwood, R., Suddaby, R., & Hinings, C. (2002). Theorizing change: The Role of Professional Associations in the transformation of institutionalized fields. *Academy of Management Journal*, 45(1), 58-80.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. *European Journal of Operational Research*(186), 211–228.
- Jang, S., & Yu, F. (2008). The Triad of Credentialing Process in Engineer Quality Regulation: Accreditation, Certification, and Licendure/Registration. *PICMET 2008 Proceedings* (págs. 1955 - 1962). Cape Town, South Africa: PICMET.
- Kasuba, R., & Vohra, P. (2004). International Mobility and the licensing of professional engineers. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 3(1), 43-46.
- Kasuba, R., Vohra, P., & Vohra, D. (. (2006), , Vol 10, No.2, 2006 UICEE Australia. de 2006). Preparing Engineers for a Global Workforce through Curricular Reform. *Global Journal of Engineering Education* (págs. 141 - 148). Brooklyn, NY: UICEE.
- Kelly, W. E. (2007). Certification and Accreditation in Civil Engineering (2007). *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice ASCE J*, 181-187.
- Molina, J. G., Amaya Cala, J. E., & Cortés Aldana, F. A. (2010). Valoración de Riesgo Tecnológico; Un análisis multicriterio usando el proceso analítico jerárquico. *II Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*, (págs. 1-8). Bogotá D.C.
- Pastor-Fernando, J., Aragonés-Beltrán, P., Hospitaler-Perez, A., & García-Melón, M. (07 de 04 de 2010). An ANP and AHP based approach for weighting criteria in public works bidding. *Journal of the Operational Research Society*, 61(6), 905-916.
- Patil, A. (2004). A research project concerning the development of a scientific model for accreditation and quality assurance in engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 3, 285-296.
- Patil, A. S., & Pudlowski, Z. J. (2005). Important Issues of the Accreditation and Quality Assurance and a Strategy in the Development of an Accreditation Framework for Engineering Courses. *Global Journal of Engineering Education*, 9(1), 49-58.
- Pokholkov, Y. P., & Chuchalin, A. I. (2004). Central Asia Centre for Engineering Education (CACEE). *Global Journal of Engineering Education*, 45-52.

- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of the Analytic Network Process. *ISAHP International Symposium of the Analytical Hierarchy Process* (pág. 1.14). Kobe, Japan: ISAHP.
- Siskos, Y., Grigorourdis, E., Krassadaki, E., & Matsatsinis, N. (2007). A multicriteria accreditation system for information technology skills and Qualifications. *European Journal of Operational Research* 182, 867 - 885.
- Smets, M., Morris, T., & Greenwood, R. (2012). From Practice To Field: A Multilevel Model Of Practice-Driven Institutional Change. *Academy of Management Journal*, 55(4), 877–904.
- Subramanian, N., & Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in Operations Management. *International Journal of Production Economics*(138), 215-241.
- Vásquez Bernal, O. A. (2011). Unification and certification and recertification criteria to the professional Engineers. Case Study in Colombia, United States, Canada, Guatemala, Honduras, El Salvador. *2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability* (págs. 345-349). Bangkok, Thailand: IEEE.
- Vásquez Bernal, O. A., & Cortés Aldana, F. A. (2012). Modelo de Gestión para la Certificación y recertificación de los Profesionales de Ingeniería. *Encuentro Nacional de Investigación y Desarrollo ENID 2012 Universo-Energía* (págs. 1-5). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Wu, W., & Lee, Y. T. (2007). Selecting Knowledge Management Strategies by using the Analytic Network Process. *Expert System with Applications*, 841-847.

14. RECURSOS FÍSICOS: (Especificar la disponibilidad y adjuntar carta de compromiso de la dependencia o empresa cuando sea necesario).

A continuación, se detallan los recursos físicos que se utilizarán para el desarrollo del proyecto.

- Computador
- Impresora
- Servicio de Internet
- Elementos de papelería
- Oficina / Estudio / Sala de Juntas

15. COSTOS DEL TRABAJO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN:

Descripción	Fuente de Financiación	Costo Unitario	Costo Total	Observaciones
Recurso Humano				
Investigador (80 horas/mes)	Estudiante	\$ 25.000/hora	\$ 96.000.000	Teniendo en cuenta un tiempo total de 48 meses en total
Director (8 horas/mes)	Universidad Nacional de Colombia	\$ 3.595.950/semestre	\$ 36.808.468	Comprende los costos de matrícula, bienestar universitario, póliza de seguro y derechos académicos. Teniendo en cuenta un tiempo total de 8 semestres y un incremento anual del 5%
Recursos Físicos				
Computador	Estudiante	\$ 1.600.0000	\$ 1.600.0000	
Impresora	Estudiante	\$ 220.000	\$ 220.000	
Servicio de Internet	Estudiante	\$ 162.000/mes	\$ 7.776.000	Teniendo en cuenta un tiempo total de 48 meses en total
Elementos de papelería	Estudiante	\$ 100.000	\$ 100.000	
Transporte - Viáticos				
Viáticos Nacionales	Estudiante	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000	Viáticos estimados para la exposición de ponencias y/o visitas de campo a nivel nacional
Viáticos Internacionales	Estudiante Universidad(es)	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	Viáticos estimados para la exposición de ponencias y/o visitas de campo a nivel internacional
Costos Estimados Totales			\$ 170.404.468	

16. COMENTARIO CON VISTO BUENO DEL DIRECTOR:

(calificar los siguientes aspectos: organización, pertinencia, relevancia y originalidad).

La propuesta presenta una organización adecuada. Los resultados de la investigación son de importancia para Colombia. Este tipo de trabajos le dan relevancia a la revisión de los procesos de certificación de profesionales en Colombia. Trabajos similares no han sido publicados.

17. FIRMA DEL PROPONENTE**ORIGINAL FIRMADO**

Oscar Alejandro Vásquez Bernal

18. FIRMA DEL DIRECTOR**ORIGINAL FIRMADO**

Félix Antonio Cortés Aldana PhD.

19. FECHA: 2013-12-13

Bibliografía

- Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 137-145. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00255-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00255-2)
- Altuzarra, A., Moreno-Jiménez, J. M., & Salvador, M. (2010). Consensus building in AHP-group decision making: A Bayesian approach. *Operations Research*, 58(6), 1755-1773. doi:10.1287/opre.1100.0856
- Ayyub, B. M. (2000). Methods for Expert-Opinion Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities, (December).
- Bahurmoz, A. M. A. (2003). The Analytic Hierarchy Process at Dar Al-Hekma, Saudi Arabia. *Interfaces*, 33(4), 70-78. <https://doi.org/10.1287/inte.33.4.70.16374>
- Boussebaa, Mehdi & Faulconbridge, James. (2018). PROFESSIONAL SERVICE FIRMS AS AGENTS OF ECONOMIC GLOBALIZATION: A POLITICAL PERSPECTIVE.
- Barba-Romero, S., & Pomerol, J.-C. (1997). *Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica* (2a Edición). Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- Belton, V., Stewart, T. Multiple Criteria Decision Analysis - An Integrated Approach. Springer. (2002). Recuperado a partir de [//www.springer.com/us/book/9780792375050](http://www.springer.com/us/book/9780792375050)
- Benjamin, C. O., Ehie, I. C., & Omurtag, Y. (1992). Planning Facilities at the University of Missouri-Rolla. *Interfaces*, 22(4), 95-105. <https://doi.org/10.1287/inte.22.4.95>
- Bettman, J. R., Luce, M. F., & Payne, J. W. (2008). Consumer decision making: A goals choice approach (chapter 23, pp. 589–610). In C. P. Haugtvedt, P. Herr, F. Kardes (Eds.), *Handbook of Consumer Psychology*. Hillsdale, NJ: Erlbaum (in press).
- Bettman, J. R., Luce, M. F., & Payne, J. W. (1998). Constructive consumer choice processes. *Journal of Consumer Research*, 25, 187–217 (December).
- Bologna Process Secretariat. (18 de Octubre de 2016). *EUROPEAN HIGHER EDUCATION AREA AND BOLOGNA PROCESS*. Obtenido de <http://www.ehea.info/pid34248/history.html>
- Bologna Working Group on Qualifications Frameworks. (01 de Febrero de 2005). *A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de E.C.A. European Consortium for Accreditation: http://ecahe.eu/w/images/7/76/A_Framework_for_Qualifications_for_the_European_Higher_Education_Area.pdf

- Bond, S. D., Carlson, K. A., & Keeney, R. L. (2010). Improving the Generation of Decision Objectives. *Decision Analysis*, 7(3), 238-255. <https://doi.org/10.1287/deca.1100.0172>
- Bryson, N., & Mobolurin, A. (1997). An action learning evaluation procedure for multiple criteria decision-making problems. *European Journal of Operational Research*, 96(2), 379-386. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00368-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00368-8)
- Carlson, K. A., Janiszewski, C., Keeney, R. L., Krantz, D. H., Kunreuther, H. C., Luce, M. F., ... von Winterfeldt, D. (2008). A theoretical framework for goal-based choice and for prescriptive analysis. *Marketing Letters*, 19(3-4), 241-254. <https://doi.org/10.1007/s11002-008-9043-4>
- Corral, Yadira. (2009). VALIDEZ y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS. *REVISTA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Segunda etapa*, Vol. 19(33), 228-247.
- Cortés-Aldana, F. A. (2006). Metodología basada en técnicas multicriterio (AHP y ANP) para medir el grado de alineación de los fines de una universidad con los resultados obtenidos en su relación con el entorno socio-económico, (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia -España
- Cortés-Aldana, F. A., García Melón, M., & Aragonés Beltrán, P. (2007). Selección de una tecnología de banda ancha para la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, usando una técnica de análisis multicriterio. *Ingeniería e Investigación*, 27(1), 132-137.
- Cortés-Aldana, F. A., García-Melón, M., Fernández-de-Lucio, I., Aragonés-Beltrán, P., & Poveda-Bautista, R. (2009). University objectives and socioeconomic results: A multicriteria measuring of alignment. *European Journal of Operational Research*, 199(3), 811-822. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.065>
- Cheim, S., Williams, B., & Hinings, C. (2007). Interlevel influences on the reconstruction of professional role identity. *Academy of Management Journal*, 50(6), 1515 -1539.
- Congreso de Colombia. Ley 842 de 2003, Pub. L. No. 842 (2003).
- Creswell, John W. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2009.
- Davis, G. B., Parker C. A., Straub, D. W., 2012. "Writing the Doctoral Dissertation. A Systematic Approach Barron's Educational Series, Inc. 3rd Edition. New York.
- Dirección Nacional de Planeación. (2014). Panel_Expertos, 16.
- Española, R. A. (24 de 02 de 2017). *Diccionario de la Lengua Española. Edición Tricentenario*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=P47c7nH>

- European Consortium for Accreditation. (18 de Octubre de 2016). *E.C.A.* Obtenido de http://ecahe.eu/w/index.php/Framework_for_Qualifications_of_the_European_Higher_Education_Area
- European Higher Education Area-Bologna Process. (2009). *European Higher Education Area-Bologna Process*. Obtenido de Introducing the Bologna Qualification Framework: <http://www.ehea.info/cid102844/national-qualifications-frameworks-2009.html>
- Evans, L. (2008 de March de 2008). Professionalism, Professionality and the Development of Education Professionals. *British Journal of Educational Studies*, 56(1), 20-38. doi:10.1111/j.1467-8527.2007.00392.x
- Evetts, J. (2012). Professionalism in turbulet times: Changes, challenges and oportunities. *Propel International Conference Stirling University* (págs. 1-33). Stirling UK: ProPEL.
- Freidson, E. (1994). *Professionalism Reborn: Theory, Prophecy and Policy*. Cambridge: Polity Press in association with Blackwell Publishers.
- Freidson, E. (2001). *Professionalism: The Third Logic*. London: Polity Press.
- Forgionne, G. A., & Kohli, R. (2001). A multiple criteria assessment of decision technology system journal quality. *Information & Management*, 38(7), 421-435. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(00\)00079-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(00)00079-3)
- Forgionne, G. A., Kohli, R., & Jennings, D. (2002). An AHP analysis of quality in AI and DSS journals. *Omega*, 30(3), 171-183.
- Gand, S., Sardas, J. C., Schilling, A., & Werr, A. (2009). Professional identities at stake in strategic change - on the formation of professional selves in changing PSFs. *European Group for Organizational Studies*.
- García-Castro, S. B. (2015). Diseño de una metodología que permita evaluar la conveniencia de acreditar en ISO/IEC 17025 a los laboratorios de investigación y extensión de la Universidad Nacional de Colombia, (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia
- García-Sierra, R., & Zerda-Sarmiento, Á. (2017). Caracterización de la función de valor empleada en las decisiones ambientales por las grandes organizaciones: Estudio de los grandes proyectos hidroeléctricos en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1), 69-91.
- Guide to the FEANI Register 2013.pdf. (s. f.). Recuperado de <https://www.engc.org.uk/engcdocuments/internet/website/Guide%20to%20the%20FEANI%20Register%202013.pdf>

- Greenwood, R., Suddaby, R., & Hinings, C. (2002). Theorizing change: The role of professional associations in the transformation of institutionalized fields. *Academy of Management Journal*, 45(1), 58-80.
- Hammond, J. S., & Keeney, R. L. (1999). Making smart choices in engineering. *IEEE Spectrum*, 36(11), 71-76. <https://doi.org/10.1109/MSPEC.1999.803605>
- Hydle, Katja & Brock, David. (2017). Global collaboration in knowledge intensive firms: The role of activity configurations. *Journal of Management & Organization*. 1-17. 10.1017/jmo.2017.63.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>
- International Engineering Alliance. (03 de Octubre de 2016). *Constituent Agreement* . Obtenido de Graduate Attributes and Professional Competencies. Version 3: 21 June 2013: <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf>
- Jang, S., & Yu, F. (2008). The triad of credentialing process in engineer quality regulation: Accreditation, certification and licenciure/registration. *PICMET 2008 Proceedings* (págs. 1955-1962). Cape Down. South Africa: PICMET.
- Kasuba, R., & Vohra, P. (2004). International Mobility and the licencing of professional engineers. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 3(1), 43-46.
- Kasuba, R., Vohra, P., & Vohra, D. (2006). Preparing engineers for a global workforce through curricular reform. *Global Journal of Engineering Education*, 10(2), 141-148
- Kasuba, R., & Ziliukas, P. (2004). A comparative review of two major international accrediting consortia for engineering education: the Washington Accord and the Bologna Process. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 3(1), 71-74.
- Keeney, Ralph L. (2013). Foundations for Group Decision Analysis. *Decision Analysis*, 10(2), 103-120. <https://doi.org/10.1287/deca.2013.0265>
- Keeney, R.L., & von Winterfeldt, D. (1989). On the uses of expert judgment on complex technical problems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 36(2), 83-86. <https://doi.org/10.1109/17.18821>
- Kelly, W. E. (2007). Certification and Accreditation in Civil Engineering. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 181-187.
- Kim, C. S., & Yoon, Y. (1992). Selection of a good expert system shell for instructional purposes in business. *Information & Management*, 23(5), 249-262. [https://doi.org/10.1016/0378-7206\(92\)90056-L](https://doi.org/10.1016/0378-7206(92)90056-L)

- Kirkwood C. W. Strategic Decision Making (1997) (Duxbury Press, Belmont, CA)
- Köksal, G., & Eđitman, A. (1998). Planning and design of industrial engineering education quality. *Computers & Industrial Engineering*, 35(3-4), 639-642. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(98\)00178-8](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(98)00178-8)
- Krantz, D. H., & Kunreuther, H. C. (2007). Goals and plans in decision making. *Judgment and Decision Making*, 2(3), 137–168 (June).
- Krippendorff, Klaus. Content Analysis: An Introduction to Its Methodology. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2004.
- Kumar, Ranjit. Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners. Sage Publications Ltd., 2010.
- Kwak, N. K., & Lee, C. (1998). A multicriteria decision-making approach to university resource allocations and information infrastructure planning. *European Journal of Operational Research*, 110(2), 234-242. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00262-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00262-2)
- Lam, K., & Zhao, X. (1998). An application of quality function deployment to improve the quality of teaching. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 15(4), 389-413. <https://doi.org/10.1108/02656719810196351>
- Liu, X. (Wenzhou U. (2013). An evaluation index system for undergraduate education quality based on an analytic hierarchy process model. *World Transactions on Engineering and Technology Education (ISSN 1446-2257)*, 11(4), 470-475.
- Leon O. G. Value-focused thinking versus alternative-focused thinking: Effects on generation of objectives. *Organ. Behav. Human Decision Processes* (1999) 80(3):213–227
- Mieg, H. A. (2009). Two factors of expertise? Excellence and professionalism of environmental experts. *High Ability Studies*, 20(1), 91-115. <https://doi.org/10.1080/13598130902860432>
- Miyaji, I., Nakagawa, Y., & Ohno, K. (1995). Theory and Methodology Decision support system for the composition of the examination problem. *European Journal of Operational Research*, 80, 130-138.
- Montibeller, G., & Franco, A. (2010). Handbook of Multicriteria Analysis. *Handbook of Multicriteria Analysis*, 103(May 2016), 25-44. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92828-7>
- Moreno-Jimenez, J. M., Aguarón, J., & Escobar, M. T. (2008). The core of consistency in AHP-group decision making. *Group Decision and Negotiation*, 17(3), 249-265. <https://doi.org/10.1007/s10726-007-9072-z>
- Moreno-Jiménez, J. M. M. (2002). EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP). FUNDAMENTOS, METODOLOGÍA Y APLICACIONES, 34.
- Moreno-Jiménez, J. M., Aguarón, J., Escobar, M. T., (2002); Decisional Tools for Consensus Building in AHP-Group Decision Making, 12 th Mini Euro Conference.

Brussels.

Murillo, J. F. (2003). *De las áreas de competencias. ¿Horizonte de la educación del futuro?* Bogotá D.C.: Magisterio. Educación y Pedagogía.

NCEES Advancing Licensure for Engineers and Surveyors. (01 de Abril de 2015). *NCEES Engineering Education Standard*. Obtenido de <http://ncees.org/wp-content/uploads/2012/11/NCEES-Engineering-Education-Standard.pdf>: <http://ncees.org/engineering/ncees-engineering-education-standard/>

North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. New York: Cambridge University Press.

NSPE National Society of Professional Engineers . (21 de Octubre de 2016). *Licensure Whats is a PE?* Obtenido de <https://www.nspe.org/resources/licensure/what-pe>

Ozdemir, M. S., & Gasimov, R. N. (2004). The analytic hierarchy process and multiobjective 0–1 faculty course assignment. *European Journal of Operational Research*, 157, 398-408. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00189-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00189-9)

Ozdemir, M. S., & Saaty, T. L. (2006). The unknown in decision making: What to do about it. *European Journal of Operational Research*, 174(1), 349-359. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.12.017>

Pang, Jihong & Liu, X. (Wenzhou U. (2013). A study on the quantitative analysis and evaluation of teaching quality for higher education institutions. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 11(2).

Patil, A. (2004). A research project concerning the development of a scientific model for accreditation and quality assurance in the engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 285-296.

Patil, A. S., & Pudlowsky, Z. J. (2005). Important issues of the accreditation and quality assurance and a strategy in the development of an accreditation framework for engineering courses. *Global Journal of Engineering Education*, 9(1), 49-58.

Pinar, T. Y. (2010). Understanding the Modeling Skill Shift in Engineering: The Impact of Self-Efficacy, Epistemology, and Metacognition. *Tesis Doctoral*. Pittsburgh, Estados Unidos: University of Pittsburgh - Swanson School of Engineering.

Pokholkov, Y. P., & Chuchalin, A. I. (2004). Central Asia Center for Engineering Education (CACEE). *Global Journal of Engineering Education*, 45-52.

Paulson, D., & Zahir, S. (1995). EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH Consequences of uncertainty in the analytic hierarchy process: A simulation approach. *European Journal of Operational Research*, 87, 45-56.

- Payne J. W., Bettman J. R., Johnson E. J. Adaptive strategy selection in decision-making. *J. Exp. Psych.: Learn., Memory, Cognition* (1988) 14(3):534–552
- Politis, Y., & Siskos, Y. (2004). Multicriteria methodology for the evaluation of a Greek engineering department. *European Journal of Operational Research*, 156(1), 223-240. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00902-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00902-5)
- Powell, W. W., & DiMaggio, P. J. (1999). *El nuevo institucionalismo en el análisis organizacional*. Mexico: Fondo de Cultura Económica - Universidad Autónoma del Estado de México.
- Raiffa H. Decision Analysis: Introductory Lectures on Choices Under Uncertainty (1968) (Addison Wesley, Reading, MA)
- Real Academia Española. (17 de 02 de 2017). *Real Academia Española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española. Edición tricentenario: <http://dle.rae.es/?id=PTk5Wk1>
- Russo, J. E., Carlson, K. A., Meloy, M. G., & Yong, K. (2007). The goal of consistency as a cause of information distortion. Working Paper, Cornell University, August.
- Saaty, T.L., 1980. "The Analytic Hierarchy Process." McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. (2008a). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L. (2008b). The Analytic Network Process. *Iranian Journal of Operations Research*, 1(5). Recuperado de <https://iors.ir/journal/article-1-27-en.pdf>
- Saaty, T. L. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. University of Pittsburgh.
- Siskos, Y., Grigoroudis, E., Krassadaki, E., & Matsatsinis, N. (2007). A multicriteria accreditation system for information technology skills and qualifications. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.017>
- Smets, M., Morris, T., & Greenwood, R. (2012). From practice to field: A multilevel model of practice-driven institutional change. *Academy of Management Journal*, 55(4), 877-904.
- Smith J. F., Mitchell T. R., Beach L. R. A cost-benefit mechanism for selecting problem-solving strategies: Some extensions and empirical tests. *Organ. Behav. Human Performance* (1982) 29(3):370–396
- Subramanian, N., & Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215-241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.036>
- Superdecisions ©. 2014. Manual del Software Superdecisions ©

- Tadisina, S. K., Troutt, M. D., & Bhasin, V. (1991). Selecting a Doctoral Programme Using the Analytic Hierarchy Process -- The Importance of Perspective. *The Journal of the Operational Research Society*, 42(8), 631. <https://doi.org/10.2307/2583782>
- The Royal Society of Canada. (2010). Expert panels: Manual of procedural guidelines, (June), 1-49.
- Tobón, S. (2006). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá D.C.: ECOE Editores.
- Úsuga-Reina, M. L., & Cortés-Aldana, F. A. (2016). Elección de una estructura de red logística de distribución para el programa mercados campesinos usando técnicas de toma de decisiones multicriterio. *Revista Ciencias Estratégicas*, 23(33), 89-108.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- van Osselaer, Stijn M. J., Janiszewski Chris. (2011) A Goal-Based Model of Product Evaluation and Choice, *Journal of Consumer Research*, Volume 39, Issue 2, 1 August 2012, Pages 260–292, <https://doi.org/10.1086/662643>
- Vásquez Bernal, O. A. (2012). Management model for development projects in University - Business - Government relations. Case study: Certification and recertification of professional engineering (pp. 561-565). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2012.6225867>
- Vásquez Bernal, O. A. (2010). Unification and certification and recertification criteria to the professional engineers in Colombia, (Master Thesis). UNAD Florida. Weston, Florida, USA
- Vásquez-Bernal, O. A. (2014). Documentary Analysis of Professionalization and Certification Processes Case Study: Certification of Professional Engineering in Colombia. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering & Operations Management*, 1930-1935.
- Vasquez-Bernal, O. A. (2018). *Instrucciones diligenciamiento instrumento recolección datos alternativas y subcriterios [MP4]* (Vol. 1). Bogotá D.C. Recuperado de <https://youtu.be/x29vEjwUmM>
- Vasquez-Bernal, O. A; Cortés-Aldana, F. . (2015a). A preliminary study on the certification criteria of professional engineering in Colombia. *Global Journal of Engineering Education*, 17(2), 91-96.
- Vásquez-Bernal, O. A., & Cortés-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Trans Actions on Engineering and Technology Education*, Vol.16(No.1), 84-88.
- Vasquez-Bernal, Oscar Alejandro, & Cortés-Aldana, F. A. (2015b). Movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: una revisión desde el

- profesionalismo y el institucionalismo. *INGE@ UAN-Tendencias en la Ingeniería*, 5(10).
- Vásquez-Bernal, Oscar Alejandro. (2011). Unification certification criteria for professional engineer's case study in Colombia, United States, Canada, Guatemala, Honduras, El Salvador. En *2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability* (pp. 345–349). IEEE Conference Publications. DOI: 10.1109/ICQR.2011.603173.
- Vásquez-Bernal, O. A., & Cortés-Aldana, F. (2014). La certificación de los profesionales de ingeniería: Un análisis multicriterio innovador. En J. Saravia Arenas, P. R. Herrera Capdevilla, & P. Amar Sepulveda (Edits.), *Experiencias internacionales emergentes en gestión tecnológica y de la innovación para el desarrollo territorial* (págs. 1-18). Barranquilla, Atlantico, Colombia: Universidad Simon Bolivar.
- Vásquez-Bernal, O. A., & Cortés-Aldana, F. A. (2014). Certificación y movilidad internacional de los profesionales de ingeniería en Colombia: Una revisión de literatura. *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014) "Excellence in Engineering To Enhance a Country's Productivity"* (págs. 1-9). Guayaquil: LACCEI - Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.
- Williamson, O. (2000). The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead". *The Journal of Economic Literature*(38), 595-613.
- Williamson, O. (2002). The Theory of the Firm as Governance Structure. *Journal of Economic Perspectives*, 16(3), 171-195.
- Wilson, J. (1989). Bureaucracy: What Government Agencies Do and why they Do it. *Basic Books*.